



Журнал для тех, кто интересуется электроникой

# РАДИОЛОЦМАН

Ноябрь 2011

Как создавали и продвигали Arduino

Максимальный ток потребления операционных усилителей: технические спецификации обманывают?

Способы управления яркостью свечения светодиодов с помощью импульсных драйверов

Интеллектуальный многоканальный контроллер вентиляторов охлаждения для ПК





# ОГЛАВЛЕНИЕ

---

## НОВОСТИ

|                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Использование коммерческих фотонных компонентов – шаг к созданию квантовых компьютеров                       | 5  |
| Китай объявил о создании суперкомпьютера на основе микропроцессоров собственной разработки                   | 6  |
| Новые акселерометры Freescale повышают безопасность транспортных средств                                     | 6  |
| Pico Technology представила USB осциллограф со скоростью выборки реального времени 1 Гвыб./с                 | 8  |
| Quickfilter анонсировала недорогой трехканальный аудио процессор                                             | 9  |
| Новый понижающий преобразователь фирмы Intersil обеспечивает выходной ток 10 А при исключительно высоком КПД | 11 |

## СТАТЬИ

|                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Как создавали и продвигали Arduino                                                                 | 13 |
| PocketBook Pro 912 Education: мощный ридер с сенсорным экраном и Wi-Fi                             | 20 |
| Современные микросхемы для построения импульсных источников питания с экономичным дежурным режимом | 22 |
| Максимальный ток потребления операционных усилителей: технические спецификации обманывают?         | 32 |
| Правильно ли мы понимаем характеристики мощных светодиодов?                                        | 39 |
| Способы управления яркостью свечения светодиодов с помощью импульсных драйверов                    | 43 |

## СХЕМЫ

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Интеллектуальный многоканальный контроллер вентиляторов охлаждения для ПК | 49 |
| Минимизация шумов при измерении параметров источников питания             | 57 |
| Управление варикапом с помощью ЦАП                                        | 59 |
| Секундомер с высоким разрешением, ценою в несколько центов                | 61 |
| Простой способ подключения датчиков к микроконтроллеру                    | 65 |

## ОКО Архив АВТО GPS/GSM

специализированный видеорегистратор для автотранспорта  
надежно сохраняет и воспроизводит видео- и аудиоинформацию,  
маршрут движения, выполняет охранные функции  
во время стоянки и передает информацию по GSM  
также в продаже модели  
ОКО Архив АВТО и ОКО Архив АВТО GPS

## ОКО Мобайл 3G

видеорегистратор с возможностью  
передачи видео по беспроводным сетям 3G  
также в продаже модели  
ОКО Мобайл и ОКО Мобайл II - передача видео по GSM

## ВИДЕОРЕГИСТРАТОРЫ СЕРИИ "ОКО АРХИВ"

построение простой, надежной, автономной системы видеонаблюдения для частного и коммерческого секторов

### ОКО Архив 4NET

подключение по LAN/internet  
сменный жесткий диск

### ОКО Архив 4NET LE

подключение по LAN/internet  
встроенный жесткий диск

### ОКО Архив LITE CF

запись на карту Compact Flash

## ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЕ ИНСТРУМЕНТЫ ДЛЯ ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЯ



"Децима"

Москва, Зеленоград, проезд 4922, дом 4, строение 1

тел: +7 (495) 988 48 58

<http://www.decima.ru>

# Использование коммерческих фотонных компонентов – шаг к созданию квантовых компьютеров

Группы исследователей из Политехнического университета Валенсии (Universitat Politècnica de València, UPV) и Университета Мигеля Эрнандеса (Universitat Miguel Hernández d'Elx, UMH) разработали модель, закладывающую основы коммерческого применения фотонных компонентов в области квантовых компьютеров и квантовых коммуникаций.

Результаты исследований были опубликованы в журнале *Laser and Photonics Reviews*.

Это первая, описанная где-либо в мире, модель, которая полноценно функционирует в квантовом режиме в интегрально-оптических модуляторах, используемых для модуляции света информацией. Такие устройства позволяют достичь скорости передачи порядка 100 Гбит/с.

Хосе Капмани (Josep Carmany), директор UPV и один из авторов этой работы, объясняет, что использующиеся в настоящее время для построения широкополосных телекоммуникационных устройств коммерчески доступные компоненты, при эксплуатации свойств, представленных в данном исследовании, в дальнейшем могут применяться для построения логических систем и квантовых компьютеров. Эти свойства связаны с возможностью получения заданных состояний света, и возможностью обрабатывать его, подобно обработке электрических сигналов логическими элементами в цифровой электронике.

«Возможность интеграции нескольких таких элементов в оптический чип открывает двери к созданию более сложных и менее дорогих схем, имеющих экономическое преимущество, предоставляемое фотонной интеграцией», – сказал Капмани.

## О квантовых компьютерах

Работа исследователей из UPV и UMH – шаг вперед в исследованиях и развитии квантовых коммуникаций и квантовых компьютеров, которые будут большой революцией в области телекоммуникаций.

«Мы находимся еще на начальной стадии. Первые квантовые компьютеры появятся примерно через 15 лет. Они откроют совершенно новые возможности, давая возможность хранить и обрабатывать большое количество информации в очень маленьких объемах. В настоящее время одним из препятствий на пути их развития является то, что демонстрируемые модели – это очень громоздкие конструкции, которые могут быть воспроизведены только в контролируемых условиях лаборатории», – добавляет Хосе Капмани.

Директор UPV продолжает: «Возможности квантовых вычислителей позволят выполнять обработку информации намного быстрее, что откроет дорогу к решению проблем, сложность которых делает их неприступными для сегодняшних классических компьютеров. Имеется множество областей применения квантовых компьютеров, таких как моделирование в области метеорологии, климата, химии, генетики, а также, для создания новых квантовых систем безопасности, которые будут формировать сообщения, совершенно не поддающиеся расшифровке».

# Китай объявил о создании суперкомпьютера на основе микропроцессоров собственной разработки

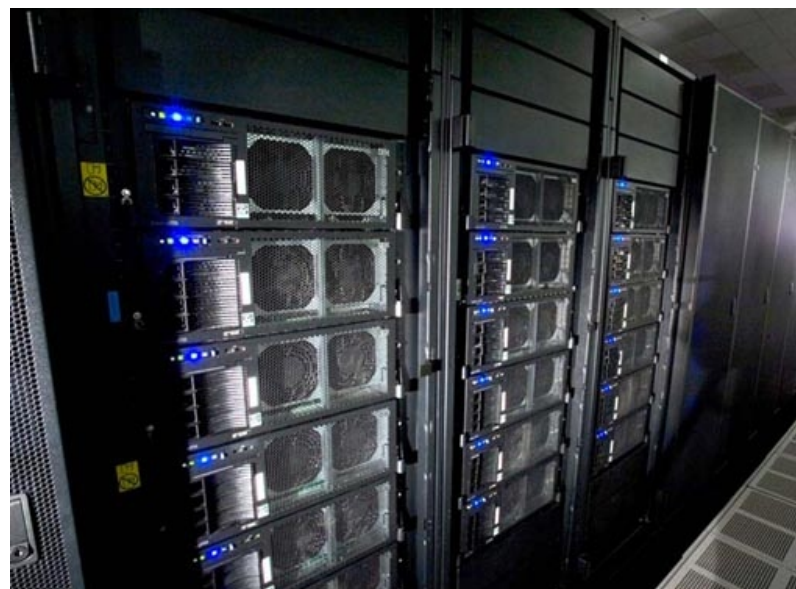
Peter Clarke

EE Times

По сообщению газеты New York Times, Китай объявил о создании суперкомпьютера на основе микропроцессоров собственной разработки.

Как говорится в сообщении, Sunway BlueLight MPP был установлен в сентябре в национальном центре суперкомпьютеров в городе Цзинань, столице восточной провинции Шаньдун. Компьютер может выполнять около 1000 триллионов операций в секунду (или 1 петафлоп) и содержит 8704 процессоров ShenWei SW1600. Компьютер имеет сложную систему водяного охлаждения.

ShenWei SW1600 – это процессор третьего поколения, сконструированный специалистами Лаборатории исследования компьютеров в Цзинань. 16-ядерный чип обеспечивает производительность до 140 Gflops при тактовой



частоте 1.1 ГГц. Полагают, что процессор был создан в 2010 году, в рамках разработки линейки микросхем-аналогов процессора DEC Alpha 21164. Разработка велась, преимущественно, в интересах Министерства обороны Китая.

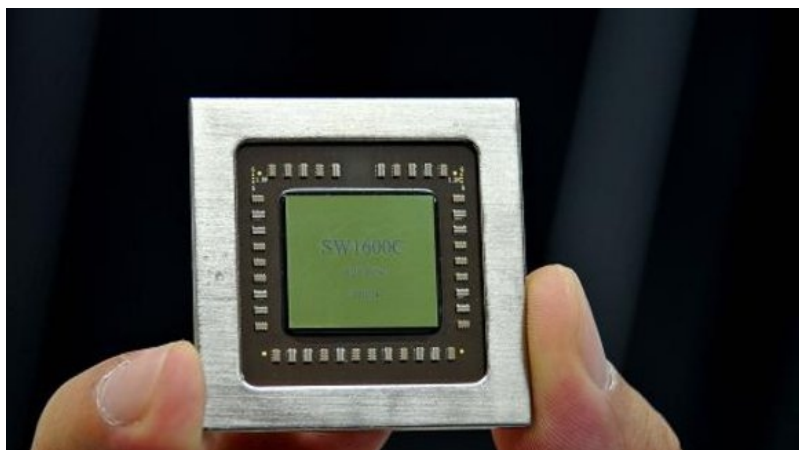
По мнению автора статьи в New York Times, SW3 был изготовлен в Шанхае на заводе Semiconductor Manufacturing International Corp, с использованием технологического процесса 65 нм.

---

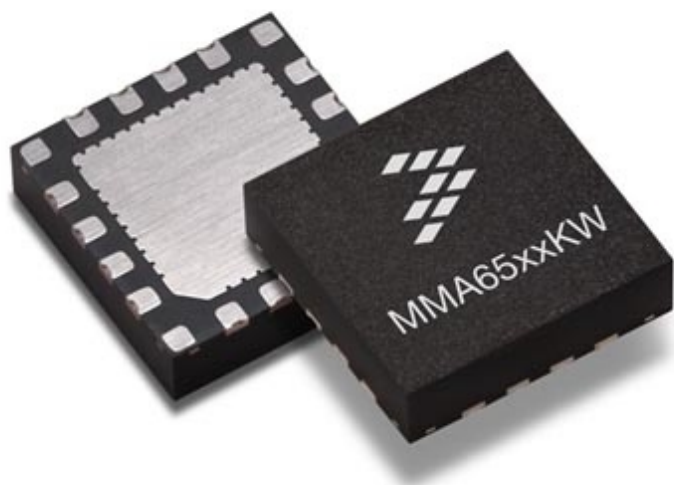
## Новые акселерометры Freescale повышают безопасность транспортных средств

*Новые акселерометры с высокой точностью определяют внештатную ситуацию и разворачивают подушку безопасности, защищая от травм и спасая жизни*

Компания Freescale Semiconductor предлагает семейство автомобильных датчиков



ускорения, разработанных для того, чтобы ускорить внедрение более совершенных систем контроля подушек безопасности, помогающих спасти жизни и защищать от повреждений при авариях. Новое семейство Xtrinsic MMA65xxKW использует интеллектуальные сенсорные технологии, разработанные для обнаружения фронтального и бокового столкновений. Микросхемы могут быть легко и эффективно интегрированы в системы подушек безопасности автомобилей.



Семейство MMA65xxKW основано на современной технологии HARMEMS компании Freescale. Микросхемы предлагают лучшее разрешение (точность) и более широкий динамический диапазон, чем у конкурирующей продукции, представленной сегодня на рынке. Обладая устойчивой, отвечающей современным требованиям системой коммуникации, используемой в транспортных средствах, семейство MMA65xxKW имеет сложные средства обнаружения столкновений, которые активируют быстрое и надежное разворачивание всей системы пассивной безопасности, когда столкновение неизбежно.

Американское Национальное управление по безопасности движения автотранспорта (NHTSA) в своей статистике отмечает, что подушки безопасности в период с 1987 по 2008 год спасли более 25,780 жизней. Поскольку системы контроля подушек безопасности становятся все более совершенными, и уровень безопасности водителя и пассажиров все время повышается, автопроизводители ожидают дальнейшего улучшения характеристик при снижении стоимости.

### Решения в сфере безопасности транспортных средств для сохранения жизней

Акселерометры MMA65xxKW представляют собой датчики системы безопасности, которые располагаются в основном электронном блоке управления автомобиля (ECU), если в системе используются спутниковые датчики. Спутниковые инерциальные датчики (MMA5xxxKW, Freescale) располагаются по периметру автомобиля и служат для обнаружения фронтальных или боковых ударов. Работая вместе, эти датчики помогают автомобильной системе определить оптимальное время разворачивания подушек безопасности.

При 12-разрядном формате выходных данных и диапазоне измеряемых ускорений 105g, датчики MMA65xxKW обеспечивают необходимую для небольших транспортных средств повышенную разрешающую способность 18.2 EMP/g (EMP – единица младшего разряда) без необходимости программирования микросхемы на стадии производства. Поддерживая протокол SPI, датчики могут быть легко интегрированы в систему управления подушками безопасности. Они, также, обладают функцией защиты выводов, что снижает риск искажения данных в основном датчике

столкновения или датчике системы контроля подушек безопасности. Семейство MMA65xxKW включает в себя как одно-, так и двухосевые инерциальные датчики бокового удара с повышенной чувствительностью, и упаковывается в безвыводной корпус QFN, спроектированный для экономии места на печатной плате и большей гибкости расположения модуля в автомобилях.

### **Доступность, цена и поддержка разработчиков**

Акселерометры MMA6519KW, MMA6525KW, MMA6527KW, MMA6555KW, MMA6556KW уже доступны в виде пробных версий, а их крупносерийное производство планируется во втором квартале 2012 года. Предполагаемая начальная цена для микросхем MMA6519KW, MMA6525KW и MMA6527KW составляет \$3.69, а для микросхем MMA6555KW и MMA6556KW – \$2.99 при заказе свыше 1000 компонентов.

Акселерометры MMA6519KW, MMA6525KW, MMA6527KW, MMA6555KW и MMA6556KW включены в долгосрочную программу компании Freescale, которая будет поддерживаться в течение, как минимум, 15 лет.



Платформа разработки Tower System позволяет проектировщикам быстро и легко комбинировать модули для построения прототипов приложений и дописывать собственный код к уже имеющимся прошивкам. Плагин TWRPI-MMA6500 уже добавлен к полному спектру автомобильных датчиков Xtrinsic платформы Tower System, включая MMA6900Q, MMA6800Q, MMA5000 (PSI5) и MMA2600 (DSI 2.5).

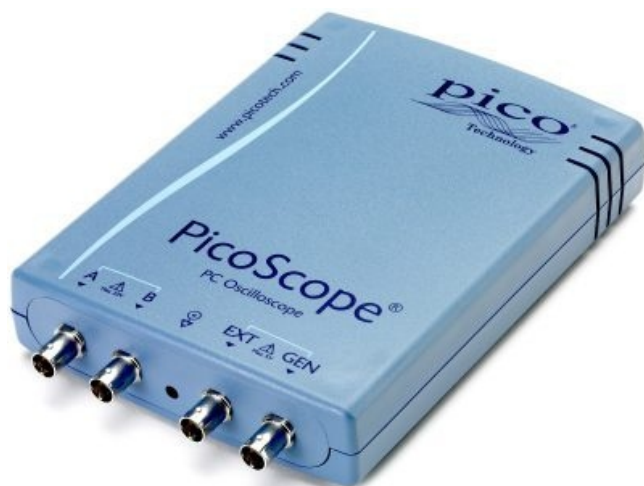
### **Pico Technology представила USB осциллограф со скоростью выборки реального времени 1 Гвыб./с**

*Fran Granville*

*EDN*

Pico Technology расширила серию USB осциллографов PicoScope 2000 приборами со скоростью выборки в реальном времени 1 Гвыб./с. Ориентированные на инженеров и технических специалистов, желающих иметь весь необходимый набор измерительных средств в одном устройстве, PicoScope 2000, помимо двух осциллографических каналов с полосой пропускания от 50 до 200 МГц, имеют встроенный функциональный генератор, генератор сигналов специальной формы, а также, вход внешней синхронизации.

Приборы поставляются с полной версией ПО PicoScope. В дополнение к стандартным функциям осциллографа и анализатора спектра, PicoScope включает такие возможности, как декодирование последовательных дан-



ных, тестирование по маске, режим захвата последовательности кадров (сегментирование памяти), расширенные режимы синхронизации. Среди прочих особенностей следует отметить цифровое послесвечение с использованием различных цветов и уровней интенсивности, математические функции над данными каналов, статистические измерения в автоматическом режиме, декодирование последовательных данных на шинах I<sup>2</sup>C, UART, RS-232, SPI и CAN.

Цифровая синхронизация PicoScope 2000 обеспечивает низкий уровень джиттера, повышенную точность и лучшее разрешение по напряжению, чем аналоговая синхронизация во многих других осциллографах. К расширенным возможностям относится синхронизация по ширине импульса, по интервалу, по

### Основные технические характеристики новых приборов:

| Прибор         | Количество каналов | Полоса пропускания | Скорость выборки | Буферная память | Разрешение (улучшенное) |
|----------------|--------------------|--------------------|------------------|-----------------|-------------------------|
|                |                    | МГц                | Гвыб./с          | квыб.           | бит                     |
| PicoScope 2206 | 2                  | 50                 | 0.5              | 24              | 8 (12)                  |
| PicoScope 2207 | 2                  | 100                | 1                | 32              | 8 (12)                  |
| PicoScope 2208 | 2                  | 200                | 1                | 40              | 8 (12)                  |

окну, по длительности, по скорости спада, по ранту, пороговая (гистерезис), по логическим условиям.

Свободно поставляемый программный комплект поддержки разработчика позволяет управлять осциллографами из пользовательских приложений. В комплект включены примеры программ на C, C++, Excel и LabView. Комплект поддержки разработчика и PicoScope совместимы с операционными системами Microsoft Windows XP, Vista и Windows 7.

Цены находятся в диапазоне от £349 (примерно \$550) для модели PicoScope 2206 с полосой пропускания 50 МГц до £599 (примерно \$942) для старшей модели серии PicoScope 2208 с полосой пропускания 200 МГц. На все приборы дается гарантия 5 лет.

## Quickfilter анонсировала недорогой трехканальный аудио процессор

Компания Quickfilter Technologies анонсировала выпуск мощного 3-канального аудио процессора, рассчитанного на интеграцию в последовательный цифровой канал передачи звуковых данных, – QF3DFX Profound Sound Audio Processor. Это однокристальное решение может быть легко сконфигурировано при помощи специального программного обеспечения Quickfilter QFPro, что позволит разработчикам избежать разработки и лицензирования алгоритмов обработки звука для психоакустических эффектов, таких как улучшение звучания басов, восстановление высоких частот, виртуальное объемное звучание.

Аудио процессор QF3DFX может быть настроен на совместную работу с аудио системами по интерфейсу I2S или TDM, поддерживает 16- или 24-битное разрешение данных с частотой дискретизации до 48 тысяч отсчетов в секунду (48 ksps). Процессор снабжен системой самозапуска, имеет специальные выводы для управления громкостью и требует минимального количества внешних компонентов. Кроме того, встроенная система управления питанием позволяет применять данный аудио процессор в портативных и мобильных устройствах. При отсутствии звуковых данных процессор переходит в режим пониженного энергопотребления.



### Отличительные особенности:

- мощный однокристалльный аудио процессор;
- входные каналы: о 2 канала I<sup>2</sup>S; о TDM, до 8 каналов;
- выходные каналы:
  - 2.2.1 (система 2.1 + кроссовер);
  - 6 каналов I<sup>2</sup>S; о 8 каналов TDM;
- модуль блокировки постоянной составляющей;
- автоматическое управление уровнем усиления с поддержкой специальных режимов;

- встроенные алгоритмы психоакустических эффектов:
  - восстановление высоких частот;
  - пространственное звучание; о усилитель басов;
- параметрический эквалайзер;
- пользовательский 5-полосный графический эквалайзер;
- цифровой управление громкостью;
- поддержка компрессии;
- система самозапуска;
- возможна работа процессора без микроконтроллера управления (QF3DFX + EEPROM + 4 кнопки);
- опционально, микроконтроллер может динамически реконфигурировать процессор по интерфейсу IC или SPI;
- низкое энергопотребление;

### Основное применение:

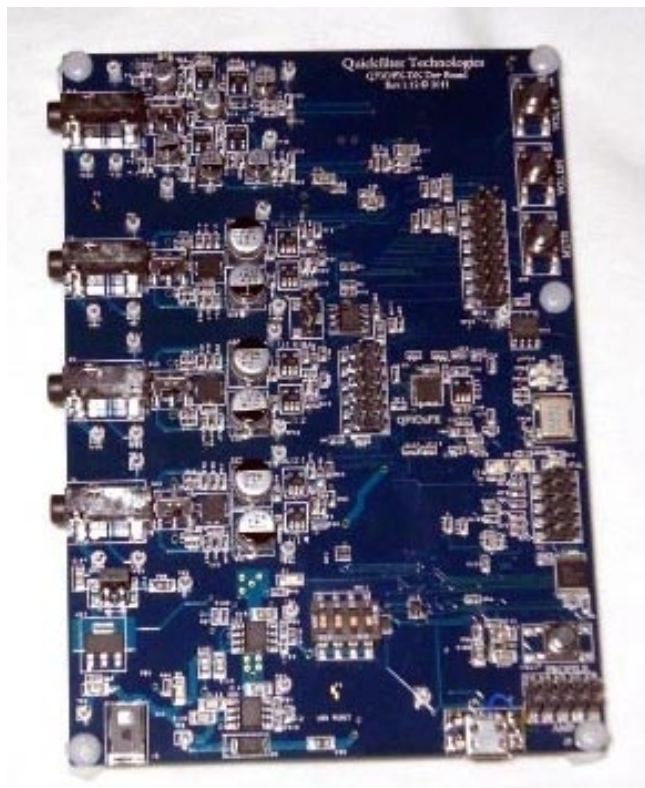
- активные колонки;
- док-станции;
- Интернет-радио;
- mp3 плееры;
- телевизоры, домашние кинотеатры, автомобильные аудио системы.

По заявлению компании, ключевое преимущество процессора QF3DFX, в отличие от существующих решений на базе цифровых сигнальных процессоров и лицензионного ПО, заключается в том, что процессор позволяет разработчикам достичь таких же результатов, как при использовании DSP, но со значительно меньшими затратами и без необходимости лицензирования ПО. Снижению стоимости конечного продукта также способствует возможность конфигурирования процессора в

реальном времени без использования DSP инструкций, т.е. значительно снижается количество программных итераций и сокращается время продвижения устройств на рынок.

Аудио процессор QF3DFX выпускается серийно в 24-выводном корпусе QFN и доступен для заказа по цене \$0.95 за 1 шт. в партии из 10000 шт.

Для разработчиков аудио систем, а также для демонстрации возможностей аудио процессора QF3DFX, компания предлагает отладочный набор QF3DFX-DK, представляющий собой завершенное аппаратное решение, которое может функционировать в качестве отдельного устройства. В состав набора входит отладочная плата, USB кабель и руководство пользователя. В сочетании со специализированным бесплатным программным обеспечением, пользователь может за несколько минут сконфигурировать 3-канальную аудио систему для работы.



Отладочная плата может работать в нескольких конфигурациях, в том числе, и как отдельное устройство, благодаря наличию установленной EEPROM памяти с конфигурационными параметрами. С ее помощью можно запрограммировать целевой аудио процессор в пользовательской системе по интерфейсу SPI. Специальное бесплатное программное обеспечение для ПК с графическим пользовательским интерфейсом позволяет получить доступ ко всем ресурсам и параметрам процессора.

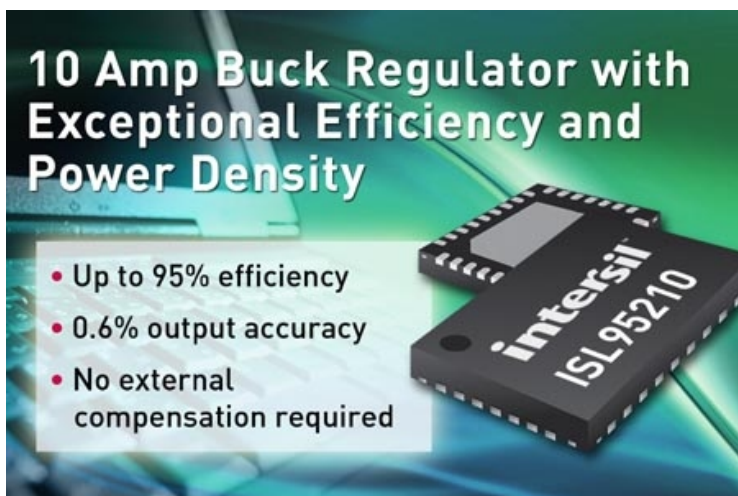
---

## **Новый понижающий преобразователь фирмы Intersil обеспечивает выходной ток 10 А при исключительно высоком КПД**

*Микросхема ISL95210 обеспечивает точность установки выходного напряжения 0.6% и не нуждается во внешних элементах компенсации*

Intersil Corporation представила новейший 10-амперный синхронный понижающий преобразователь напряжения с интегрированными силовыми MOSFET транзисторами, отличающийся высоким КПД и большой плотностью мощности.

Микросхема ISL95210 позволяет создавать очень компактные DC/DC преобразователи, сокращая площадь печатной платы на 45% по сравнению с конкурирующими решениями. Понижающий преобразователь отличается исключительной эффективностью, а



для его работы потребуются лишь четырех внешних компонента. Микросхема найдет применение в широком спектре приложений, включая POL системы питания для инфраструктуры компьютерного и сетевого оборудования.

Благодаря встроенному ЦАП, программируемому с помощью двух внешних выводов, разработчик имеет возможность выбрать одно из девяти различных выходных напряжений. Несколько цифровых управляющих сигналов обеспечивают гибкость в программировании частоты и режимов переключения, установке пределов регулирования выходного напряжения и каскадировании сигналов статуса питания. ISL95210 имеет комплексную внутреннюю защиту перегрузки по току и напряжению, от пониженного входного напряжения и перегрева.

### Особенности и технические характеристики

- Непрерывная работа при выходном токе 10 А
- Диапазон входных напряжений от 2.97 до 5.5 В
- КПД до 95%

- Точность установки выходного напряжения в диапазоне температур – 0.6 %
- Отличные переходные характеристики без использования внешних элементов компенсации
- Работа на максимальной мощности без обдува при температуре окружающей среды 90 °С
- Комплексная внутренняя защита

### Цена и доступность

ISL95210 выпускается в 32-выводном корпусе QFN размером 4 × 6 мм. В партии 1000 шт. одна микросхема стоит от \$3.25.

# Как создавали и продвигали Arduino

David Kushner

IEEE Spectrum

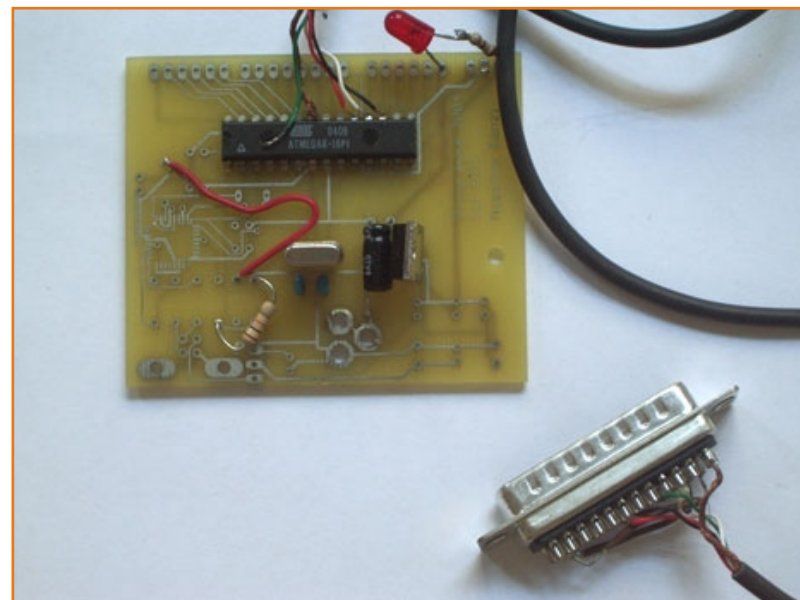
*История о том, как пятеро друзей создали маленькую плату, которая взяла штурмом мир электронных самоделок*

Живописный город Ивреа, стоящий на реке Дора Балтея в северной Италии, известен своими королями-неудачниками. В 1002 году король Ардуин стал правителем страны, а через два года был свергнут королем Германии Генри II. Сегодня бар ди Ре Ардуино, расположенный на булыжной улице этого городка, назван в честь короля и стоит на том самом месте, где, как верят некоторые, родился король.

Бар является пивнушкой Массимо Банци (Massimo Banzi), итальянского соучредителя проекта в сфере электроники, который был назван в честь этого места. Ардуино – недорогая микроконтроллерная плата, которая позволяет даже новичку делать действительно потрясающие вещи. Вы можете подсоединить к Arduino различные типы датчиков, источников света, электромоторов и множество прочих устройств, и использовать легко осваиваемое программное обеспечение, чтобы запрограммировать поведение вашего творения. Вы можете создать интерактивный дисплей или движущегося робота, и затем поделиться вашим проектом с миром, разместив информацию о нем в сеть.

Выпущенный в 2005 году как скромный инструмент для студентов Банци в Институте проектирования взаимодействий города

Ивреа (Interaction Design Institute Ivrea, IDII), Arduino породил международную революцию в сфере международных электронных самоделок. Вы можете купить эту плату всего за \$30 или собрать ее с нуля. Все схемы и исходные коды доступны бесплатно на условиях открытых лицензий. В результате Arduino стал самой влиятельной аппаратной системой своего времени с открытым исходным кодом.



**Первая плата прототипа, сделанная в 2005 году, имела простейший дизайн и еще не называлась Arduino. Немного позже, в том же году, Массимо Банци придумал ей имя (Фото: Массимо Банци)**



**Ядро команды Arduino (слева направо): Дэвид Куартилльз (David Cuartielles), Джанлука Мартино (Gianluca Martino), Том Иго (Tom Igoe), Дэвид Меллис (David Mellis), и Массимо Банци (Massimo Banzi) на конференции Maker Faire в Нью-Йорке (Фото: Рэнди Зильберман Клетт)**

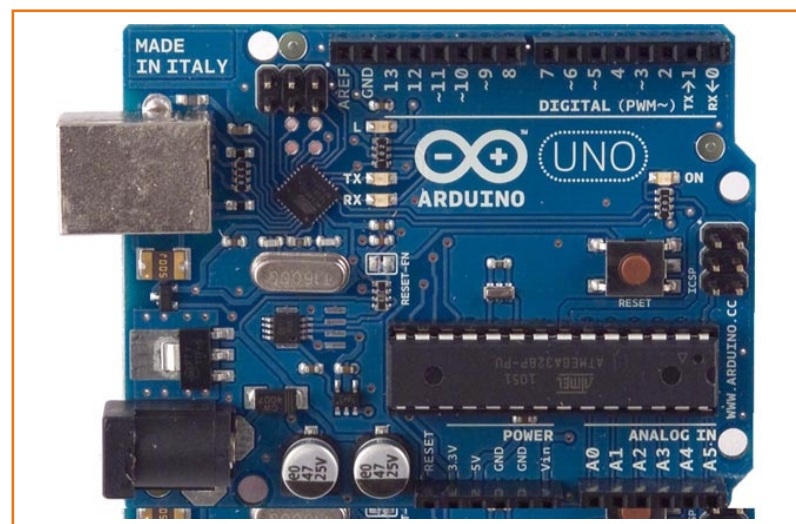
Маленькая печатная плата теперь является, своего рода, источником вдохновения для «художников» в электронике, людей, увлеченных электронными поделками, студентов и любого, у кого есть мечта собрать что-нибудь этакое. Во всем мире продано более 250,000 комплектов Arduino, и это не учитывая множества клонов. «Это позволило людям, делать вещи, которые они не сделали бы каким-либо иным способом» – говорит Дэвид А. Меллис (David A. Mellis), который прежде был студентом IDII до того, как выполнил квалификационную работу в Медиа лаборатории Массачусетского технического института, и теперь является ведущим разработчиком программного обеспечения для Arduino.

Сегодня имеется множество интересных разработок на базе Arduino, таких как алкотес-

теры, светодиодные кубы, системы домашней автоматизации, дисплеи отображения Twitter-сообщений и, даже, наборы для анализа ДНК. Уже появились целые клубы и сообщества любителей Arduino. Google недавно выпустил основанный на Arduino комплект разработчика для своего смартфона на базе Android. Как высказался на этот счет Дэйл Доэрти (Dale Dougherty), редактор и издатель журнала «Make», библии любителей самоделок, Arduino стал «мозгами создателей проектов».

Но Arduino – это не только общедоступный проект, стремящийся сделать технологии более доступными, это также стартаповая компания, которой руководит Банци и небольшая группа его друзей. И эта компания столкнулась с проблемой, которую не может решить даже их волшебное изделие – как пережить нахлынувший успех и вырасти. «Мы должны сделать следующий скачок», – говорит Банци, – «и стать крупной компанией».

В свою очередь, когда-то Arduino вырос из другой крупной проблемы – как научить студентов создавать электронные устройства, причем быстро. Это был 2002 год, и Банци,



бородатый и добродушный разработчик программного обеспечения, был взят на работу в IDII в качестве доцента для продвижения новых способов разработки интерактивного проекта – новой области, также известной как физические вычисления. Но с урезанным бюджетом и ограниченным по времени доступом к лабораторной базе, его возможности использования необходимых приборов были небольшими.

Как и многие из его коллег, Банци полагался на BASIC Stamp, микроконтроллер, разработанный Калифорнийской компанией Parallax, который инженеры использовали в течение приблизительно десятилетия. Программируемый посредством языка BASIC, Stamp, в целом, представлял собой небольшую печатную плату с размещенными на ней источником питания, микроконтроллером, памятью и портами ввода/вывода для соединения с различной аппаратурой. Но у BASIC Stamp были две проблемы, которые обнаружил Банци – у него не хватало достаточной вычислительной мощности для некоторых задуманных его студентами проектов, и он был достаточно дорогим – плата с основными дополнениями могла стоить около \$100. Кроме того, Банци нуждался в чем-то, что могло бы работать на компьютерах Macintosh, которые были практически у каждого разработчика в IDII. Что, если они сами смогли бы сделать плату, которая непосредственно удовлетворяла бы их потребностям?

У Банци был коллега из MIT, разработавший удобный язык программирования Processing. Processing быстро завоевывал популярность, поскольку позволял даже неопытным программистам создавать сложные, и в то же время красивые, системы визуализации данных. Одной из причин его успеха

была чрезвычайно удобная в процессе работы интегрированная среда разработки (IDE). Банци задался вопросом, смогли бы они разработать подобный программный инструментарий, чтобы программировать микроконтроллер, вместо того, чтобы рисовать графику на экране.

Студент, обучавшийся у Банци, Эрнандо Барраган (Hernando Barragán), сделал в этом направлении первые шаги. Он создал платформу разработки, названную Wiring, которая включала в себя как дружественную пользователю IDE, так и готовую к использованию плату. Это был многообещающий проект, который продолжает развиваться по сей день, но Банци уже задумал более крупный. Он хотел создать платформу, которая была бы еще проще, дешевле и легче в использовании.

Банци и его сотрудники были сторонниками программного обеспечения с открытым исходным кодом. И с того момента, когда встала цель создать простую и легкодоступную платформу, они почувствовали, что будет лучше разработать открытую платформу, доступную для многих людей, нежели закрытую. Другим фактором, способствовавшим этому решению, было то, что после пяти лет работы IDII исчерпывал свои фонды и собирался закрыться. Преподаватели боялись, что их проекты не выживут или будут незаконно присвоены кем-либо. По этому поводу Банци вспоминает: «Итак, мы сказали: забудьте про это. Давайте же сделаем открытую платформу».

Новая модель с открытым исходным кодом довольно долго использовалась для развития программного обеспечения, но не аппаратного. Для того чтобы заставить ее работать должным образом, они должны были найти подходящее лицензионное решение, которое могло бы подойти к их плате. После некоторых

исследований они поняли, что если бы взглянули на свой проект немного под другим углом, то смогли бы использовать лицензию от Creative Commons, некоммерческой организации, соглашения которой обычно используются в сфере творческих работ, таких как музыка и литература. «Вы можете рассматривать аппаратное обеспечение как часть культуры, которой вы хотите поделиться с другими людьми» – говорит Банци.

Приступив к работе, группа разработчиков сразу задалась целью сделать устройство, цена которого была бы подходящей для студенческого кармана – \$30. «Цена устройства должна быть эквивалентна стоимости обеда в пиццерии» – говорит Банци. Также они хотели сделать его необычным, в чем-то выделяющимся и классно смотрящимся для помешанных на электронике людей. В то время как обычные платы, чаще всего, имеют зеленый цвет, они решили сделать свою плату синей, там где другие производители экономят на количестве выводов печатной платы, они решили добавить их как можно больше. И в качестве последнего штриха они нанесли небольшую карту Италии на нижнюю сторону платы. «Здесь много проектных решений, которые выглядят, по меньшей мере, странно для настоящего инженера» – говорит со смехом Банци – «Но я не настоящий инженер, поэтому я избрал такой глупый путь».

Для одного из «настоящих» инженеров в команде, Джанлуки Мартино, такой нетрадиционный подход к проектированию печатной платы был поучителен. Мартино описывает его как «новый способ мышления об электронике». Он говорит: «Это не инженерный способ разработки, где вы должны учитывать каждый электрод, это подход самоделкина».

Продукт, который создала команда, состоял из дешевых компонентов, которые могли

быть легко найдены на рынке электроники, например, микроконтроллер ATmega328. Но ключевое решение состояло в том, чтобы гарантировать работу устройства по принципу plug-and-play: чтобы пользователь, достав плату из коробки и подключив к компьютеру, мог немедленно приступить к работе. Такие платформы как BASIC Stamp для этих целей требовали от пользователя наличия еще полдюжины компонентов, которые включались в общую стоимость продукта, в то время как устройство команды Банци нуждалось лишь USB-кабеле, посредством которого оно соединялось с компьютером – Mac или PC.

«Философия Arduino состоит в том, что если вы захотите научиться электронике, вы сможете изучать ее уже с первого дня, вместо того, чтобы сначала учиться алгебре» – говорит другой член команды, инженер по телекоммуникациям, Дэвид Куартилльз.

И вскоре команда Банци проверила это утверждение на практике. Они вручили 300 пустых печатных плат студентам IDII с простым наставлением: ищите инструкции в интернете, разработайте свою собственную плату, и используйте ее для чего-нибудь. Одним из первых проектов был самодельный будильник, который свисал с потолка на кабеле. Суть идеи заключалась в том, что всякий раз, при нажатии кнопки сброса сигнала пробуждения, будильник поднимался по кабелю все выше, и так до тех пор, пока вы не встанете окончательно.

Вскоре об этой плате слышали другие люди. И они тоже захотели приобрести себе такую. Первым покупателем стал друг Банци, который заказал себе одну штуку. Так проект начал набирать обороты, но была упущена одна существенная вещь – у их изобретения не было названия. И вот однажды ночью, за

стопкой алкогольного напитка, в местном пабе идея и пришла к ним – «Arduino», – прямо как этот бар и король.

Слово «Arduino» быстро распространилось в Интернете без какой-либо рекламы и привлечения средств маркетинга. Вначале это привлекло внимание Тома Иго, профессора в области физических вычислений, занятого по программе телекоммуникационного взаимодействия в Нью-Йоркском университете. Сегодня он также входит в ядро команды Arduino. Иго обучал студентов нетехнических специальностей, используя BASIC Stamp, но был впечатлен возможностями Arduino. «Они предполагали, что вы не знаете электронику и программирование, что вы не хотите разрабатывать целое устройство, но, в то же время, смогли бы запрограммировать простую микросхему. Вы просто можете открыть коробку с платой, нажать кнопку загрузки, и она заработает» – говорит Иго. «Кроме того, я был поражен ее стоимостью в \$30, которая делает плату доступной. Для меня это было одним из ключевых факторов».

Своим успехом Arduino во многом обязан существовавшему до него Processing и Wiring. От этих проектов Arduino унаследовал одну сильную черту – удобную для пользователя среду разработки. До появления Arduino программирование микроконтроллеров сопровождалось сложным и рутинным обучением. С Arduino даже те, кто не имел опыта работы с электронными устройствами, теперь могут прикоснуться к ранее недоступному для них миру электроники. Теперь новичкам не нужно тратить много времени на изучение соответствующего материала, они могут быстро разработать прототип, который будет полноценно рабочим. Это мощный шаг вперед, в то время как некоторые довольно популярные гаджеты

представляют собой «черные ящики», закрытые и защищенные патентами.

По мнению Банци, самым, вероятно, важным результатом воздействия Arduino стала демократизация процесса разработки. «Пятьдесят лет назад чтобы написать программное обеспечение вам требовалась команда людей в белых халатах, которые знали все об электронных лампах. Но теперь, даже моя мама может программировать» – утверждает Банци, – «Мы позволили множеству людей создавать электронные устройства самостоятельно».

Но не все инженеры любят Arduino. Наиболее придирчивые из них критикуют этот продукт за достаточно глупый, с точки зрения инжиниринга, подход к разработке и заполнение рынка любительской радиоэлектроники серым дилетантским товаром. Меллис, однако, не рассматривает новинку как угрозу обесценивания роли инженера вообще. Он говорит: «Имея платформу, которая позволяет проектировщику или любой другой творческой личности немножко приблизиться к своей цели, люди могут теперь упростить себе взаимодействие со специалистами и сказать «Вот то, что я хочу в итоге сделать». Я не думаю, что это замена инженера, это всего лишь облегчает сотрудничество».

Для того, чтобы поддерживать распространение Arduino, команда Банци рассматривает способы более глубокой интеграции своей платформы в систему образования, от начальных школ до колледжей. Несколько университетов, включая Карнеги Меллона и Стэнфорд, уже используют Arduino. Меллис изучал как студенты и дилетанты постигают электронику на семинарах в медиа лаборатории Массачусетского института. Меллис приглашает 8 – 10 человек в лабораторию, где им

дают задачу, которую необходимо выполнить в течение дня. Среди проектов были такие, как разработка спикеров для iPod, FM-радио и компьютерной мыши с использованием тех же компонентов, которые используются в Arduino.

Но распространение идеологии Arduino – это лишь часть проблемы. Команда не должна отставать от современных требований, предъявляемых к их платам. И теперь, фактически, платформа Arduino представлена не одной платой, а целым семейством. В дополнение к оригинальному проекту, названному Arduino Uno, новые модели, имеющие более мощные средства на плате, носят название Arduino Mega, более компактные называются Arduino Nano, в водонепроницаемом корпусе – LilyPad Arduino, и недавно выпущенная модель с поддержкой сетевого подключения – Arduino Ethernet.

Arduino также породил целую отрасль домашнего производства для любителей электроники. В настоящее время по всему миру насчитывается более двухсот дистрибьюторов продукции Arduino, от крупных компаний, таких как SparkFun Electronics или in Boulder, Colo., до компаний семейного бизнеса, работающих на местный рынок. Банци недавно узнал о человеке из Португалии, который уволился из телефонной компании для того, чтобы продавать продукцию Arduino прямо из дома. Член команды Arduino Джанлука Мартино, ответственный за производство и распространение, говорит, что они работают в сверхурочное время, чтобы удовлетворить потребности развивающихся рынков Китая, Индии и Южной Америки. По его словам, в настоящее время, около 80% продаж Arduino приходится на Северную Америку и Европу, тогда как остальные 20% приходятся на весь остальной мир.

Поскольку команда не может позволить себе снабжать рынки сотнями тысяч плат, ей приходится производить от 100 до 3000 устройств в день на различных фабриках близ их родного города Ивреа. Для каждой из плат команда разработала систему контроля выводов, количество которых для модели Uno, например, равно 26: 14 цифровых входов/выходов, 6 аналоговых входов, и еще 6 для подключения питания. Это большая проблема для обеспечения требуемого качества, с учетом того, что необходимо производить и проверять тысячи модулей в день. Но плата Arduino достаточно дешева, чтобы позволить команде держать обещание заменять любую плату, которая отказывается работать. По словам Мартино, доля отказов ниже 1 процента.



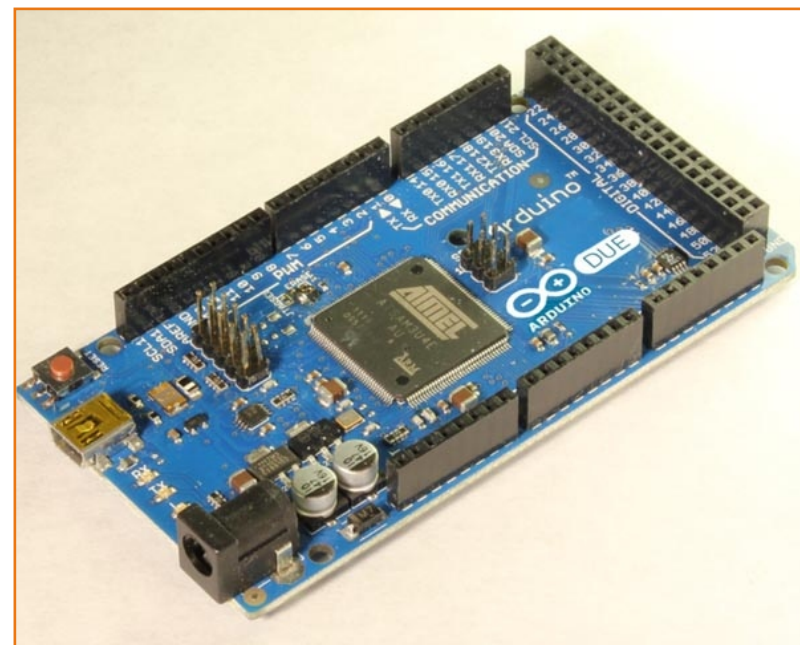
**Команда Arduino заключила контракт с компанией, которая способна производить от 100 до 3000 плат в день на фабрике неподалеку от итальянского городка Ивреа (Фото: Массимо Банци)**

Команда Arduino зарабатывает уже достаточно, чтобы содержать двух ее сотрудников в качестве постоянных работников, и уже планирует увеличение возможностей и производительности своей платы. На состоявшейся в

сентябре в Нью-Йорке конференции Maker Faire, спонсируемой журналом Make, команда представила свою первую плату с 32-разрядным ARM-процессором. Это будет ответом на требования поддержки более мощной периферии. Например, MakerBot Thing-O-Matic является набором для изготовления 3-D принтера на базе Arduino, но с использованием более быстрого процессора он получит больше преимуществ для решения более сложных задач.

Очередное ускорение проект получил в 2011 году, когда Google выпустил основанный на Arduino комплект разработчика для своей системы Android. Android ADK (вспомогательный комплект разработчика) от Google является платформой, позволяющей телефону с ОС Android взаимодействовать с двигателями, датчиками, и другими устройствами. Вы можете создать приложение для Android, которое использует камеру телефона, датчики движения, сенсорный экран, и интернет-связь, чтобы управлять, например, дисплеем или роботом. Энтузиасты говорят, что дополнительная поддержка Android открывает еще большие возможности для проектов Arduino.

Но к вопросу чрезмерного усложнения Arduino команда, все же, подходит с крайней осторожностью. «Проблема заключается в том, чтобы найти способ объединения на одной платформе всего множества вещей,



*Недавно команда представила модель Arduino Due, плату с 32-разрядным процессором Cortex-M3 ARM, который предоставляет больше вычислительной мощности для разработчиков, занятых сложными проектами*

которые хотят иметь люди», – говорит Меллис, – «но при этом не сделать продукт слишком сложным для новичков».

Сейчас они наслаждаются своей популярностью. Поклонники приезжают издалека лишь для того, чтобы выпить в пабе городка Ивреа, в честь которого феномен получил название Arduino. Банци говорит: «Люди приходят в бар и заявляют: «Мы здесь из-за платы Arduino». Но тут имеется одна проблемка. Бармены не знают что такое плата Arduino».



# PocketBook Pro 912 Education: мощный ридер с сенсорным экраном и Wi-Fi

За последние несколько лет электронные ридеры обрели немалую популярность. На российском рынке представлено множество брендов и еще больше моделей таких устройств. Сегодня речь пойдет о многофункциональной читалке PocketBook Pro 912 Education, которая оборудована 9.7-дюймовым экраном (то есть его диагональ такая же, как у iPad). Столь крупный ридер можно использовать, например, в сфере образования, а также для чтения технической литературы с графиками, таблицами и схемами. Наконец, на 9.7-дюймовом дисплее весьма неплохо выглядят сканы периодических изданий в формате PDF.



PocketBook Pro 912 Education имеет привлекательный и строгий дизайн. Передняя панель ридера сделана из пластика серебристого, белого или темно-серого цвета (в продаже встречаются три варианта), а задняя – из магниево-алюминиевого сплава, который в 100 раз прочнее обычного пластика. Это важно, потому что в PocketBook Pro 912 Education используются экраны с электронными чернилами E-Ink, а они довольно хрупкие. Магниево-алюминиевый сплав, в свою очередь, делает корпус ридера жестче на кручение. На нижнем торце корпуса размещены динамики, кнопка reset, 3.5-мм разъем для подключения наушников, индикатор работы/зарядки, micro-USB- разъем и слот для карты памяти формата microSD. На верхнем торце находится кнопка включения/блокировки, переключатель работы Wi-Fi и стилус. Справа – клавиши-качельки регулировки громкости и масштабирования текста на дисплее. Толщина ридера – 11 мм, а вес - 584 г, что отнюдь не мало. В одной руке долго не поддержишь, зато в двух – вполне комфортно. Собирается PocketBook Pro 912 Education на заводах тайваньской компании Foxconn – крупнейшего в мире контрактного производителя электроники, который, например, собирает iPhone и iPad для Apple. Поэтому за качество сборки можно не переживать, скрипы и люфты отсутствуют, зазоры минимальны, стыки ровные.

В PocketBook Pro 912 Education используется индуктивный сенсорный 9,7-дюймовый дисплей с разрешением 1200 на 825 точек. Экран сделан на технологии электронных чернил E-Ink. Так как он индуктивный, управлять им можно только при помощи стилуса – на пальцы пользователя он не реагирует. Экраны на базе технологии E-Ink не имеют подсветки и выглядят как лист газетной бумаги, они практически безвредны для зрения. Дисплей PocketBook Pro 912 Education поддерживает палитру в 16 градаций серого цвета, что позволяет отображать довольно сложные тексты и иллюстрации. Увеличенная диагональ добавляет удобства при просмотре файлов с большим количеством графического материала. Энергия батареи в дисплеях E-Ink расходуется только в момент смены изображения, так сказать, «перелистывания» виртуальной страницы. Полного заряда аккумулятора PocketBook Pro 912 Education хватит на 7000 «перелистываний».

PocketBook Pro 912 Education комплектуется современным и производительным «железом»: процессор Samsung с тактовой частотой 533 МГц и 256 Мб оперативной памяти. Объем встроенной памяти, предназначенной для хранения контента, составляет 2 Гб (с возможностью расширения картами формата microSD до 32 Гб). С такой начинкой электронный ридер функционирует без «тормозов», которые так раздражают в случае более дешевых читалок.

Девайс читает практически все известные форматы текстовых документов: FB2, FB2.ZIP, TXT, TXT.ZIP, PDF, PDF (ADOBE DRM), DJVU, DJV, IW44, IW4, RTF, RTF.ZIP, HTML, PRC, MOBI, CHM, EPUB, EPUB (ADOBE DRM), DOC, DOCX и TCR. Также ридер распознает графические форматы JPEG, BMP, PNG и TIFF и



проигрывает музыку в MP3. Помимо этого, PocketBook Pro 912 Education имеет около десятка дополнительных программ: калькулятор, игры, RSS-клиент, интернет-браузер, набор словарей ABBYY Lingvo, клиент для доступа к магазину электронной литературы BookLand.Net и прочее. Отдельно скажем о программе Text-to-Speech, которая может сделать документ почти полноценной аудиокнигой.

PocketBook Pro 912 Education имеет два адаптера беспроводной связи: Bluetooth и Wi-Fi, благодаря которым можно выходить в Интернет прямо с ридера и скачивать необходимый контент. Стоит отметить, что функция Bluetooth пока реализована только в ридерах компании PocketBook.

Примерная стоимость PocketBook Pro 912 Education – 14 тысяч рублей. Это достаточно дорого, но и устройство получилось весьма функциональным. Кроме того, оно аккуратно собрано и обладает продуманным программным обеспечением.

# Современные микросхемы для построения импульсных источников питания с экономичным дежурным режимом



Юрий Петропавловский

Энергопотребление в режиме ожидания (Standby Power), составляет существенную часть вырабатываемой в мире электроэнергии. В качестве примера, на Рис. 1 показано примерное распределение потребляемой электроэнергии домашними электроприборами в дежурном режиме Австралией, авиационной и компьютерными отраслями [1]. Решением проблемы снижения энергопотребления различными электроприборами, работающими в дежурном режиме, занимаются национальные администрации ряда развитых

стран, а также Международное энергетическое агентство МЭА (IEA/AIE). В 1999 году МЭА предложило всем странам согласовать политические меры, чтобы уменьшить энергопотребление домашними электроприборами в режиме ожидания до уровня, не превышающего 1 Вт. Предложение, названное Планом 1 Ватта (The IEA «1-watt Plan»), включало 3 составляющие:

- Страны-участницы должны прилагать усилия к снижению энергопотребления

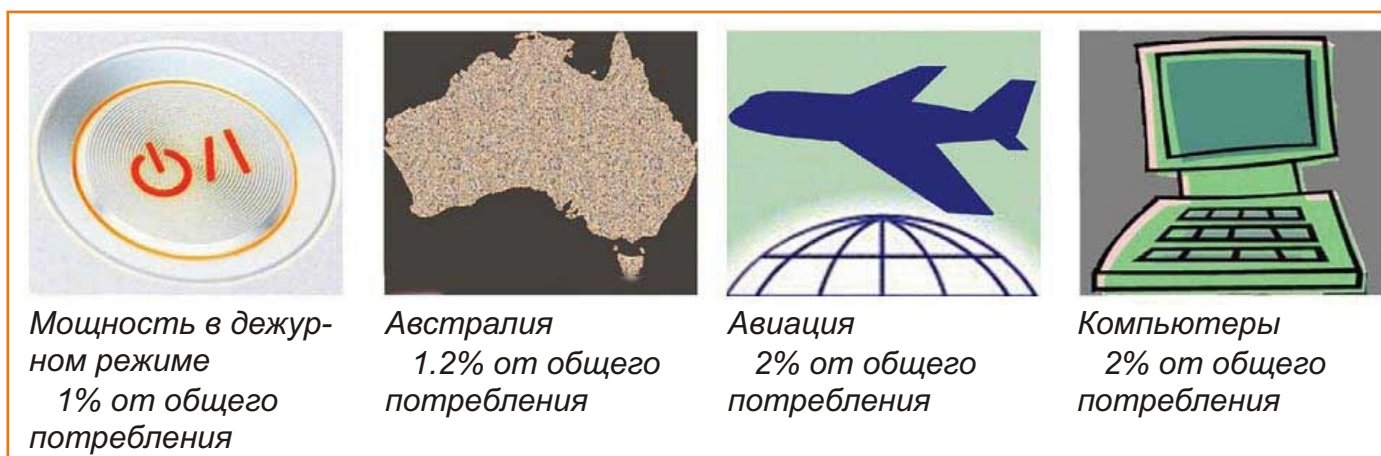


Рисунок 1. Сравнительное потребление электроэнергии.

всех устройств в режиме ожидания до уровня, не превышающего 1 Вт к 2010 г.

- Каждая страна будет проводить политику, и внедрять мероприятия, соответствующие ее национальным условиям.
- Все страны примут одинаковые определения и процедуру проверки.

С тех пор как был введен в действие План 1 Ватта, рассматриваемая проблема получила международный статус. Многие недавние правительственные заявления разных стран относительно национальной политики энергосбережения прямо упоминают потребляемую мощность в режиме ожидания. Ряд международных организаций, таких как G8, Азиатско-тихоокеанское партнерство (APP), Азиатско-тихоокеанское экономическое сотрудничество (APEC), Комиссия по устойчивому развитию (CSD) и другие призвали правительства принять повышенные обязательства к Плану 1 Ватта МЭА и другие программы, чтобы решить проблему Standby Power. В последние годы регулярно проводятся международные конференции и семинары, координируемые МЭА, для обмена самой последней информацией и координации деятельности [2].

Процедура определения и контроля над электропотреблением в режиме ожидания одобрена Международной электротехнической комиссией (стандарт IEC62301), и в настоящее время широко применяется. Ряд стран утвердили нормативные требования к энергопотреблению в режиме ожидания для многих видов товаров, другие активно рассматривают возможный нормативный подход к этому вопросу. В Европе добровольные нормы поведения были распространены на режим ожидания во встроенных электроприборах, декодерах кабельного телевидения и широкополосных

модемах. В России реализация планов по внедрению наземного цифрового телевидения DVB-T потребует большого количества приставок к аналоговым телевизорам, также значительную часть времени работающих в режиме ожидания. Например, в Мордовии, где цифровое эфирное телевизионное и радиовещание началось в 2006 году, зарегистрировано более 60000 абонентов [3].

В настоящее время существует более 40 видов продукции, использующих режим ожидания, и их количество возрастает, кроме того, для некоторых видов продукции традиционные границы между устройствами стали расплывчатыми, поэтому дать определение каждому из таких продуктов становится все сложнее. Решение этой проблемы, предложенное МЭА – применение единых требований к потребляемой энергии в режиме ожидания для всех видов продукции – так называемый «горизонтальный» стандарт. Этот стандарт обеспечивает условия, при которых требования распространяются на все устройства, кроме небольшого числа намеренно исключенных из данной категории. МЭА предложило исключить из «горизонтального» стандарта две группы продукции:

- продукцию, уже охваченную стандартами энергоэффективности, в которых процедура испытаний учитывает энергопотребление в режиме ожидания;
- продукцию с особыми характеристиками, которые усложняют процесс немедленного достижения требований «горизонтального» стандарта. При этом никакие виды продукции не могут быть постоянным исключением, вместо этого, может быть предоставлена отсрочка, на время которой устанавливается промежуточный уровень.

В последнее время, благодаря новым технологиям, стало возможным существенно уменьшить энергопотребление в режиме ожидания ряда бытовых электронных приборов при сохранении всех необходимых потребителям функций. В техническом отношении существенное снижение потребления электроэнергии в режиме ожидания может быть достигнуто за счет повышения КПД импульсных источников питания (ИИП) различной бытовой техники, работающих в режимах с небольшой нагрузкой. Традиционные ИИП с ШИМ управлением характеризуются существенным снижением эффективности (КПД) при малых нагрузках (до 40-50% и менее). В последние годы многие производители полупроводниковых приборов разработали и выпускают экономичные микросхемы для ИИП, эффективность которых при малых нагрузках существенно улучшена.

Микросхемы для импульсных источников питания, подключаемых к сетям переменного тока (SMPS), выпускают десятки производителей полупроводниковых приборов. Разработчикам источников питания бывает непросто выбрать конкретные типы микросхем SMPS, так как основные параметры и характеристики многих микросхем различных производителей достаточно близки. По мнению автора, одним из критериев для выбора той или иной микросхемы может быть ее применяемость в современной аппаратуре ведущих производителей бытовой электронной аппаратуры и офисной техники, энергопотребление которой в режиме ожидания не превышает 1 Вт. В России к наиболее массовым видам продукции с режимом ожидания относятся телевизоры, компьютеры и мониторы, DVD проигрыватели и рекордеры, спутниковые тюнеры (в будущем и телевизионные цифровые приставки DVB-T), различ-

ные аппараты для воспроизведения звука и др.

Для выявления применяемости микросхем SMPS автором была проанализирована сервисная документация нескольких десятков моделей DVD проигрывателей и ЖК телевизоров ведущих производителей бытовой видеотехники (PANASONIC, SONY, SAMSUNG, LG, JVC и др.), а также крупнейшего китайского производителя бытовой электроники «Бу-Бу-Гао» (торговая марка в России ВВК [4]), продукция которого получила в России широкое распространение. В результате анализа выяснилось, что перечисленные производители предпочитают использовать в крупносерийной аппаратуре микросхемы для SMPS нескольких определенных изготовителей, к которым в частности относятся крупнейшие производители полупроводниковых приборов: Infineon, Sanken, ON-semiconductor, STM, NXP, Power Integration, Shindengen, International Rectifier и ряд других (перечень не претендует на полноту).

Фирма Infineon (Нойбиберг, Германия) выпускает десятки типов микросхем SMPS серий CoolSET-F2/CoolSET-F3, обеспечивающих экономичный дежурный режим, к основным особенностям микросхем CoolSET-F2 относятся:

- использование в качестве выходных ключей транзисторов CoolMOS (зарегистрированная торговая марка Infineon);
- небольшое число внешних компонентов SMPS;
- экономичный дежурный режим, рекомендованный Европейской комиссией;
- схемы защиты от перегрузки по току, напряжению, коротких замыканий и перегрева;



Фирма Sanken (Нииза, Япония) выпускает несколько серий экономичных микросхем для SMPS. Микросхемы серии STR-W6750 предназначены для построения сетевых квазирезонансных импульсных источников питания (Off-Line Quasi-resonant Switching Regulators). В режиме ожидания используется режим блокирования внутреннего импульсного генератора, обеспечивающий малое потребление электроэнергии (не более 0.1 Вт). Основные особенности микросхем:

- блокирование генерации в режиме ожидания (Intermittent oscillation operation in standby mode);

- в дополнение к стандартному квазирезонансному режиму переключения при нулевом напряжении (ПНН) добавлен режим со сдвигом нижнего уровня (Bottom-skip function), что обеспечивает высокий КПД при любых рабочих нагрузках (SMPS в режиме ПНН при малых нагрузках источника питания переходит в режим жесткого переключения с пониженным КПД);
- режимы мягкого запуска (Soft-start operation) и шагового управления затвором выходного полевого транзистора (Step-drive function) обеспечивают узкий

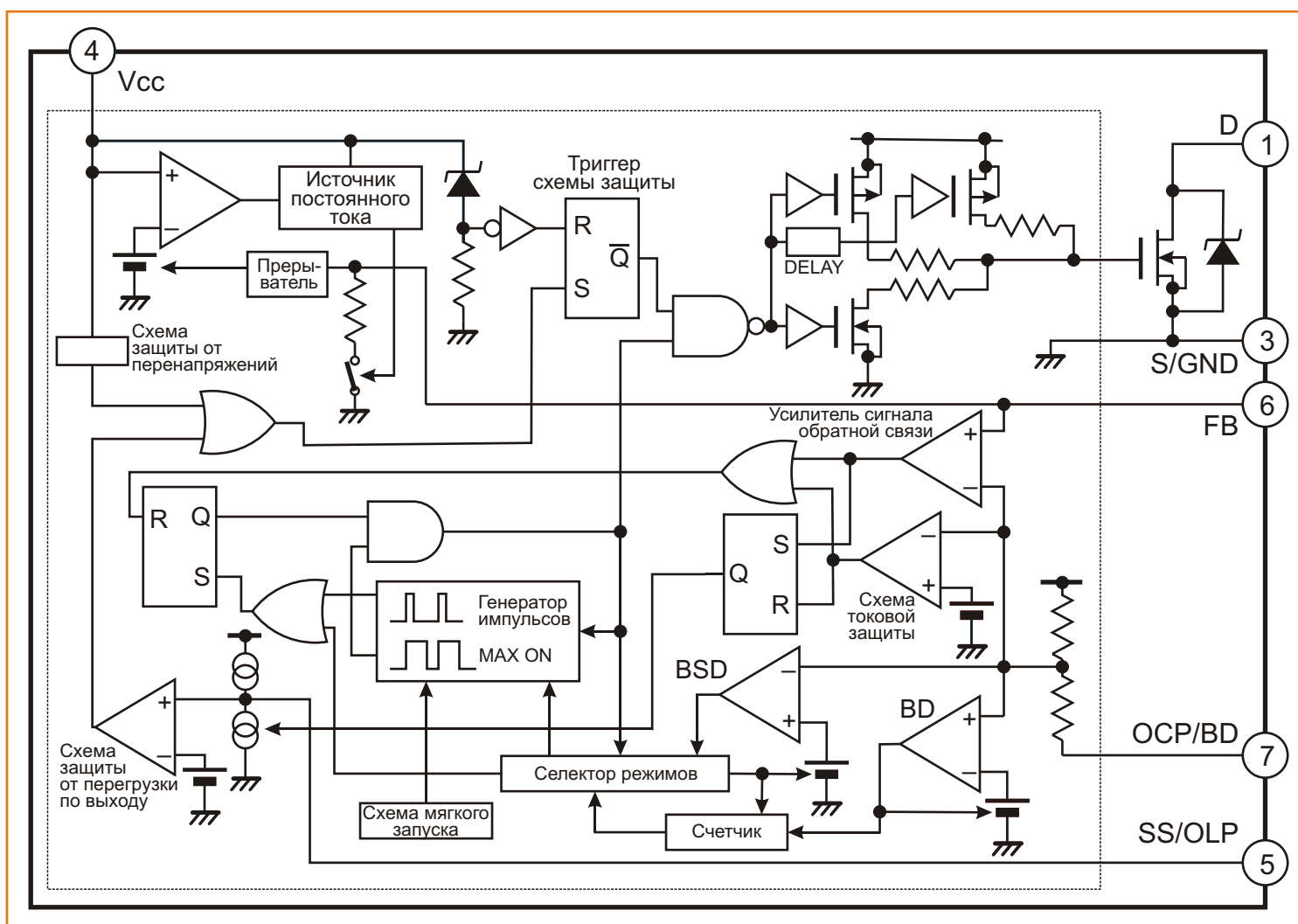


Рисунок 3. Структура микросхем серии STR-W6750.

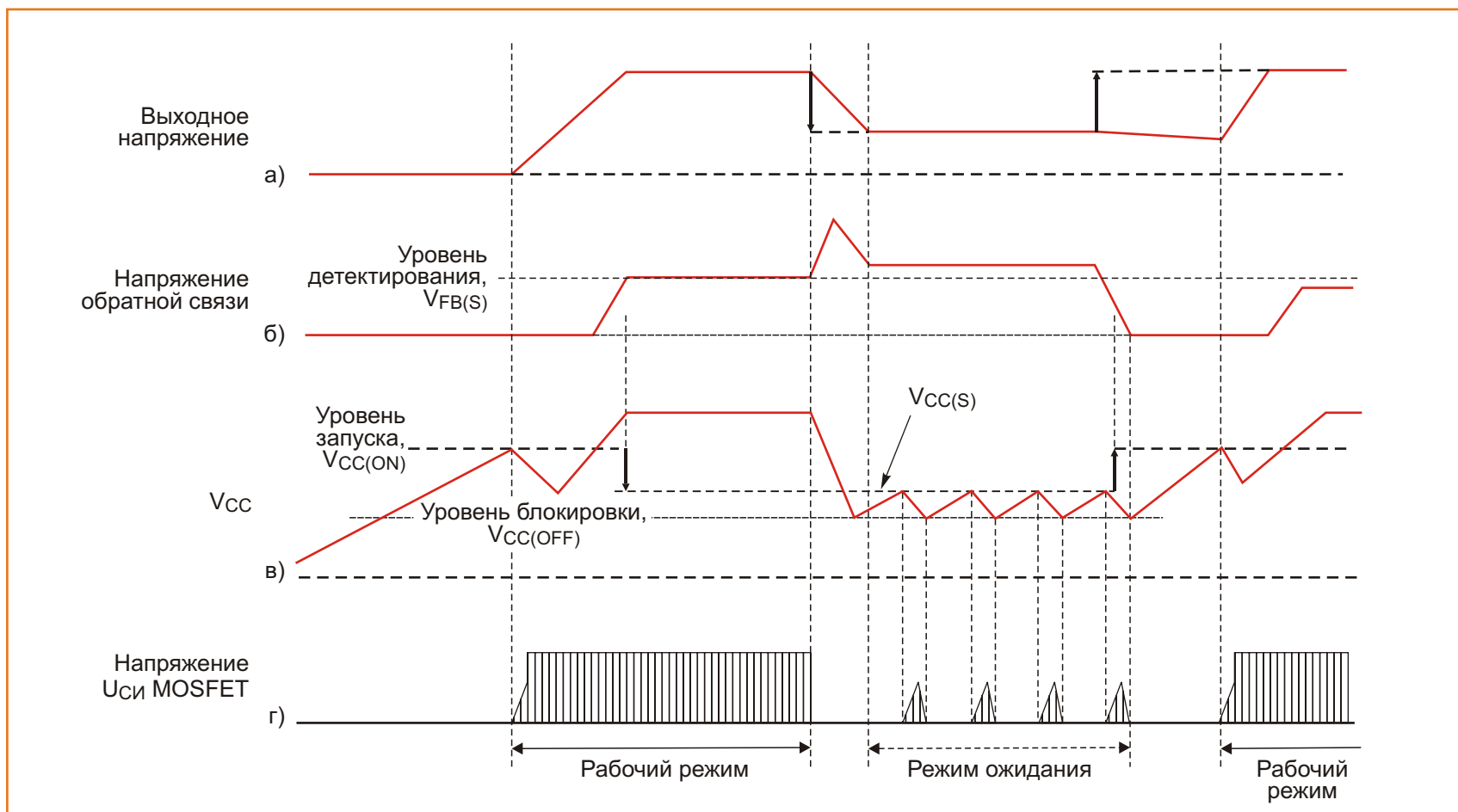


Рисунок 4. Временные диаграммы работы микросхем серии STR-W6750 в режиме ожидания.

спектр и низкий уровень электромагнитных излучений.

Структура микросхем серии STR-W6750 приведена на Рис. 3. В состав микросхем входят:

- источник постоянного тока;
- прерыватель;
- схема защиты от перенапряжений;
- триггер схемы защиты;
- генератор импульсов;
- схема защиты от перегрузки по выходу;
- схема мягкого запуска;
- селектор режимов;
- счетчик;

- усилитель сигнала обратной связи;
- схема токовой защиты;
- усилители сигналов детектора нулевого напряжения (BD, BSD).

Временные диаграммы, поясняющие работу источников питания на микросхемах серии STR-W6750, приведены на Рис. 4. Переход микросхем в режим ожидания определяется величиной напряжений на выводах 6 (FB, диаграмма б) и 4 (Vcc, диаграмма в). Запуск микросхем происходит при увеличении напряжения питания на выводе Vcc до величины  $V_{cc(on)} = (16.3...19.9)$  В. При уменьшении нагрузки напряжение обратной связи увеличивается и на уровне  $V_{fb(s)} = (1.32...1.58)$  В,

источник питания кратковременно выключается и входит в режим ожидания. Подключенный к выводу  $V_{cc}$  конденсатор снова начинает заряжаться, и при напряжении  $V_{cc}(s) = (10.3...12.1)$  В происходит кратковременный запуск и формирование пачки импульсов на стоке выходного полевого транзистора (диаграмма г), затем следующей пачки и т.д., до момента увеличения нагрузки, означающего включение рабочего режима. В результате, потребляемая источником питания мощность в режиме ожидания уменьшается.

Еще большее снижение мощности потребления электроэнергии импульсными источниками питания обеспечивают микросхемы Sanken серии STR-Y6700, производство которых началось в ноябре 2009 г. Основные особенности микросхем новой серии.

- мощность потребления в режиме ожидания – 30 мВт при напряжении сети 120 В, 50 мВт – при напряжении 230 В;
- квазирезонансный режим с высоким КПД, малыми звуковыми шумами и низким уровнем электромагнитных излучений;
- режим сдвига нижнего уровня для повышения КПД при средних и малых нагрузках;
- автоматическое включение дежурного режима при снижении или отключении нагрузки;
- низкий уровень слышимых звуков, создаваемых импульсным трансформатором;
- наличие схем защиты: от перенапряжений, перегрузки по выходу, импульсному току выходного полевого транзистора, от перегрева и коротких замыканий между обмотками импульсного трансформатора;

- функция поддержания постоянного напряжения смещения (Bias Assist Function), обеспечивающая работу источников питания в дежурном режиме при снижении сетевого напряжения до 80 В и менее.

Большую номенклатуру экономичных микросхем для импульсных источников питания, в том числе для сетевых адаптеров (зарядных устройств) мобильной аппаратуры выпускает фирма Power Integrations (Сан Хосе, США). В каталогах фирмы представлено несколько серий микросхем с зарегистрированной торговой маркой LinkSwitch. Основные области применения этих микросхем: зарядные устройства для сотовых и беспроводных телефонов, цифровых фотокамер, MP3 плееров, приемников GPS и других мобильных устройств, а также источники питания осветительных приборов на светодиодах.

Микросхемы LNK500/501/520 серии LinkSwitch являются эффективными ключевыми преобразователями со стабилизацией по напряжению или по напряжению и току.

Основные особенности источников питания на этих микросхемах:

- диапазон сетевых напряжений (85-265) В, позволяющий использовать адаптеры в любой стране мира;
- простая схема включения;
- низкая цена и малое число внешних элементов;
- интегрированная схема автоперезапуска;
- схемы защиты по току и температуре;
- частота ШИМ сигналов 42 кГц, позволяющая использовать простые помехоподавляющие фильтры;
- мощность потребления при отсутствии нагрузки не более 0.3 Вт;

- корпуса DIP-8B, SMD-8B, микросхемы могут работать в закрытых корпусах адаптеров и не требуют радиаторов охлаждения.

Структура микросхем LNK500/501/520 приведена на Рис. 5. В их состав входят:

- шунтовой регулятор и усилитель ошибки (SHUNT REGULATOR/ERROR AMPLIFIER);
- схема блокировки и автоперезапуска (SHUTDOWN/AUTO-RESTART);
- внутренний источник питания (INTERNAL SUPPLY);

- генератор импульсов (OSCILLATOR): ШИМ компаратор (PWM COMPARATOR);
- схема температурной защиты с гистерезисом (HYSTERETIC THERMAL SHUTDOWN);
- схема низкочастотного управления (LOW FREQUENCY OPERATION);
- схема бланкирования выбросов (LEADING EDGE BLANKING).

Рассмотренные в статье микросхемы для импульсных источников питания удовлетворяют требованиям плана «1-ватта» МЭА с большим запасом, и могут быть использованы в

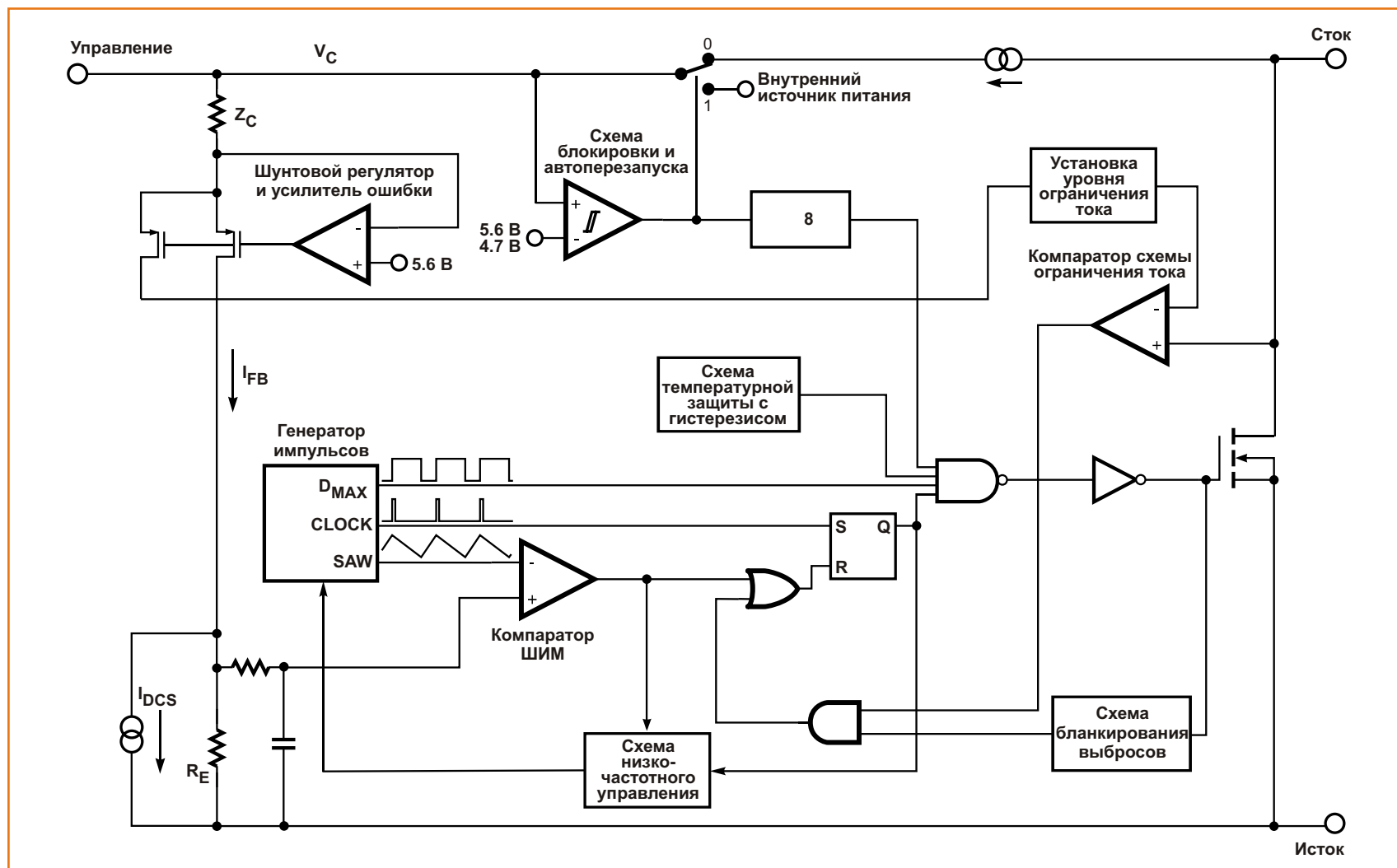


Рисунок 5. Структура микросхем LNK500/501/520.

экономичной мобильной и стационарной аппаратуре самого различного назначения. Основные параметры ряда микросхем фирм Infineon

(ICE3xxx), Sanken (STR-Wxxx, STR-Yxxx) и Power Integrations (LNKxxx), приведены в таблице 1.

Таблица 1. Основные параметры микросхем серий ICE3xxx, STR-Wxxx, STR-Yxxx, LNKxxx

| Наименование | Выходная мощность | Сопротивление сток-исток | Мощность потребления в дежурном режиме | Ток потребления в дежурном режиме | Частота переключения |
|--------------|-------------------|--------------------------|----------------------------------------|-----------------------------------|----------------------|
|              | Вт                | Ом                       | Вт                                     | мА                                | кГц                  |
| ICE3A0565Z   | 25                | 4.7                      | 0.1                                    | 0.95...1.25                       | 100                  |
| ICE3B1565    | 42                | 1.7                      | 0.1                                    | 0.95...1.25                       | 67                   |
| ICE3B2565    | 68                | 0.65                     | 0.1                                    | 0.95...1.25                       | 67                   |
| ICE3A2065P   | 102               | 3                        | 0.1                                    | 0.95...1.25                       | 100                  |
| ICE3B5565P   | 240               | 0.79                     | 0.1                                    | 0.95...1.25                       | 67                   |
| STR-W6251D   | 45                | 3.95                     | 0.1                                    | 0.8...1.3                         | 67                   |
| STR-W6253MD  | 80                | 1.9                      | 0.1                                    | 0.8...1.3                         | 50                   |
| STR-W6753    | 120               | 1.7                      | 0.1                                    | не нормируется                    | 22                   |
| STR-W6756    | 240               | 0.73                     | 0.1                                    | не нормируется                    | 22                   |
| STR-Y6756    | 130               | 0.6                      | 0.05                                   | нет данных                        | нет данных           |
| STR-Y6766    | 120               | 1.7                      | 0.05                                   | нет данных                        | нет данных           |
| LNK500P/G    | 3.5               | 28                       | 0.3                                    | не нормируется                    | 42                   |
| LNK623PG/DG  | 6                 | 24                       | 0.2                                    | не нормируется                    | 100                  |
| LNK562P/G    | 1.9               | 48                       | 0.15                                   | не нормируется                    | 66                   |
| LNK564P/G    | 3                 | 48                       | 0.15                                   | не нормируется                    | 100                  |

## Использованные термины и сокращения

- CoolMOSTM** – зарегистрированная торговая марка Infineon на полевой МОП транзистор с малыми потерями («прохладный» полевой транзистор), основные преимущества прибора в сравнении со обычными МОП транзисторами:
- Резкое уменьшение потерь мощности в проводящем состоянии, сопротивление Rси откp. при напряжения на стоке 600 В в 5 раз меньше (при Uси=1000 В – в десять раз).
  - Уменьшение активной площади кристалла и потерь при переключении (до 50%).
  - Значительное снижение заряда затвора и потерь при переключении (до 50%).
  - Низкое тепловыделение позволяет отказаться от использования радиаторов охлаждения [5].

**DVB-T (Digital Video Broadcasting – Terrestrial)** – стандарт наземного цифрового телевидения (ETSI TS101154), принят в 1996г, используется в странах Европы и некоторых других, а также в России.

## Литература

1. «Load Down», The Standby Power Newsletter, Edition 1/October 2008  
<http://www.energyrating.gov.au/pubs/2008-loaddown-ed1.pdf>
  2. «Standby Power Use and the IEA «1-watt Plan», Fact Sheet, April 2007  
[http://www.iea.org/textbase/papers/2007/standby\\_fact.pdf](http://www.iea.org/textbase/papers/2007/standby_fact.pdf)
  3. Михаил Сергеев, «Переход на цифровое вещание: задачи и уроки», «625», 2009, №6.
  4. «Маркетинговая политика компании BBK ELECTONICS», «Ремонт электронной техники», 2007, №7.
  5. <http://www.infineon.com>
-

# Максимальный ток потребления операционных усилителей: технические спецификации обманывают?

Harry Holt, Analog Devices

EDN

*В статье разъясняется, что в действительности означает этот характерный и важный параметр ОУ, и почему на практике он может быть больше, чем заявленное в документации значение*

В большинстве спецификаций на операционные усилители приводится параметр максимального потребляемого тока, но производители зачастую упускают условия его измерения. Для некоторых ОУ с rail-to-rail выходом, при определенных режимах эксплуатации, этот ток может превышать заявленных максимум от двух до десяти раз. Целью настоящей статьи является показать, на что следует обращать внимание при определении величины максимального тока потребления, как для биполярных, так и для КМОП операционных усилителей.

Почти во всех справочных материалах на микросхемы приводят гарантированный максимальный ток потребления, но не каждый раз допустимо использовать эту величину в своих расчетах с учетом наихудших условий. Хорошо известно, что цифровые КМОП микросхемы потребляют ток, величина которого растет с увеличением тактовой частоты, но как здесь обстоит дело с аналоговыми компонентами, особенно с ОУ? Считать максимумом сумму

тока потребления и тока нагрузки, в общем случае, как мы увидим, неправомерно.

ОУ работают в режиме с замкнутой обратной связью, в то время как компараторы работают без такой связи. Разработчики редко задумываются о том, что следует из этого факта. Однако при попытке заставить ОУ работать в режиме компаратора зачастую возникают проблемы. Данный подход довольно заманчив, потому что большинство ОУ имеют малый уровень смещения и шума, из-за чего разработчики любят использовать их в качестве прецизионных компараторов. Все это работало нормально со старыми ОУ, для питания которых требовалось напряжение  $\pm 15$  В, а входные сигналы находились в пределах  $\pm 10$  В, особенно если разработчик еще добавлял положительный гистерезис, чтобы избежать колебаний и ускорить переход через неустойчивую зону. Серьезные проблемы начались с появлением усилителей, имеющих rail-to-rail выход [1].

## История

В мире цифровых технологий логические элементы И-НЕ, ИЛИ-НЕ и прочие имеют отличительные формы начертания и соответствующие обозначения. Однако в аналоговом мире обозначение ОУ и компараторов сводится к треугольнику с двумя входами и одним выходом. ОУ долгое время использовались в качестве компараторов, соответственно, появилось множество публикаций, посвященных применению компараторов и ОУ как компараторов. Например, когда в 1967 году компания National Semiconductor представила LM101A, в документации была изображена схема включения этого ОУ в режиме компаратора. В документе MT-083 фирмы Analog Devices обсуждаются общие вопросы использования компараторов, но нет ни слова об использовании ОУ в качестве компараторов [2]. В другой статье обсуждаются общие соображения использования ОУ в качестве компаратора, но никак не рассматриваются ОУ с rail-to-rail выходом [3]. Статья предупреждает о несимметрии входов относительно синфазных напряжений и затрагивает различия напряжений в дифференциальном режиме.

Два разных автора руководств по применению продукции Analog Devices советуют не использовать ОУ в качестве компаратора, но, в конечном итоге, сходятся на том, что для некоторых приложений это может быть наиболее подходящим решением [4] и [5]. Согласно другому автору, «дьявол кроется в мелочах». Этот автор выполнил отличную работу, касающуюся диодов защиты входов, переворота фазы входного напряжения и ряда других характеристик ОУ, и приводит доводы в пользу того, что внимательное отношение к этим деталям может окупиться [6]. Он вкратце упоминает

ОУ с rail-to-rail выходом, но не затрагивает вопросов, связанных с током потребления.

По мере снижения напряжений, питающих ОУ, одним из решений, направленных на расширение диапазона сигналов, с которыми может работать усилитель, было превращение классического выходного каскада в каскад с rail-to-rail выходом. На Рисунке 1 показан классический выходной каскад. С таким каскадом, без rail-to-rail, разница между выходным сигналом и напряжением положительной шины питания не может быть меньше 1 В. Чтобы подобраться к шинам питания поближе, разработчики заменили обычный выходной каскад каскадом с общим эмиттером (Рисунок 2). Так называемый rail-to-rail выход может позволить выходному напряжению приблизиться к шинам питания на 50 – 100 мВ, в зависимости от размеров выходного транзистора и тока нагрузки.

Сравнивая эти два выходных каскада, следует отметить, что классический каскад имеет

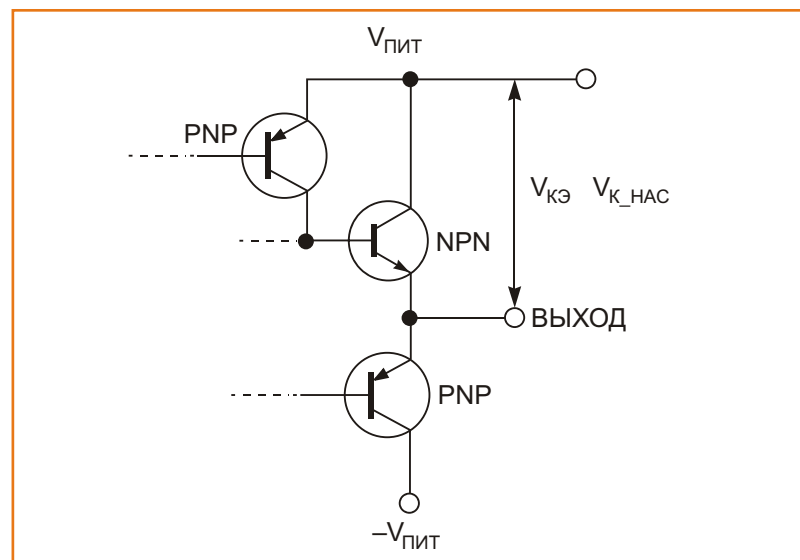


Рисунок 1. В классическом выходном каскаде, без rail-to-rail, разница между выходным сигналом и напряжением положительной шины питания не может быть меньше 1 В.

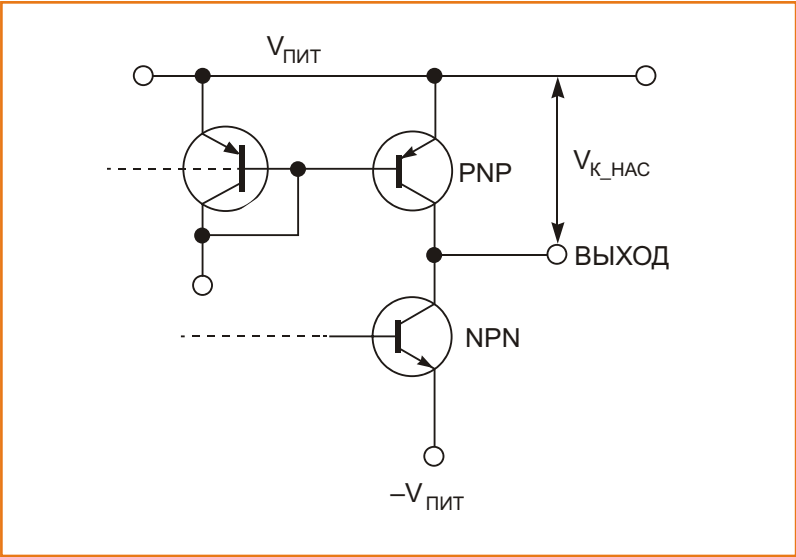


Рисунок 2. Чтобы приблизить выходное напряжение к шинам питания, разработчики заменили обычный выходной каскад каскадом с общим эмиттером.

усиление по току, и меньшее единицы усиление по напряжению, и отличается низким выходным сопротивлением. Выход с rail-to-rail представляет собой схему с общим эмиттером, и поэтому имеет коэффициент усиления по напряжению равный произведению крутизны на сопротивление нагрузки  $R_L$ .  $R_L$  состоит из внешнего сопротивления нагрузки и выход-

ного сопротивления транзистора. При разнице между выходным напряжением и шиной питания, превышающей несколько сотен милливольт, выходной импеданс большой, и в большинстве случаев им можно пренебречь, но только не тогда, когда уровень выхода близок к напряжению питания. Также следует заметить, что выход можно рассматривать как классическую схему двухтранзисторного токового зеркала, которое может оказаться источником проблем.

В нормальном режиме работы средний каскад подтягивает узел база-коллектор вниз, отдавая в нагрузку больше тока и поднимая уровень напряжения. При наличии отрицательной обратной связи усиление входного и среднего каскадов уменьшается до тех пор, пока не будет уравновешено влияние цепи обратной связи. Когда вы используете ОУ в качестве компаратора, средний каскад тянет узел база-коллектор вниз, стремясь замкнуть обратную связь. Но в отсутствие обратной связи каскад будет продолжать тянуть узел книзу с еще большей настойчивостью. Возникающий дополнительный ток находит путь от

Таблица 1. Сравнение биполярных и КМОП ОУ

| Обозначение | Тип        | Напряжение питания (В) | Потребляемый ток (мА)      |                      |                                 |                                  |
|-------------|------------|------------------------|----------------------------|----------------------|---------------------------------|----------------------------------|
|             |            |                        | Согласно справочным данным | В режиме повторителя | При низком напряжении на выходе | При высоком напряжении на выходе |
| LM358       | Биполярный | 30                     | 2                          | 0.707                | 0.506                           | 0.671                            |
| LM393       | Биполярный | 36                     | 2.5                        | 0.548                | 0.565                           | 0.567                            |
| OP184       | Биполярный | 30                     | 2                          | 1.239                | 1.188                           | 6.683                            |
| A           | Биполярный | 24                     | 0.45                       | 0.361                | 3.442                           | 0.708                            |
| B           | Биполярный | 30                     | 3.4                        | 2.785                | 2.051                           | 3.998                            |
| C           | Биполярный | 30                     | 4.5                        | 4.063                | 5.336                           | 3.786                            |
| AD8605      | КМОП       | 5                      | 1.2                        | 0.998                | 0.544                           | 0.625                            |
| A           | КМОП       | 5                      | 0.9                        | 0.511                | 0.361                           | 10.152                           |
| B           | КМОП       | 5                      | 2.4                        | 1.916                | 2.759                           | 2.475                            |
| C           | КМОП       | 5                      | 1.4                        | 1.039                | 0.822                           | 0.667                            |

вывода положительного питания к отрицательному и становится добавочным током потребления. Управлять выходным каскадом можно различными способами, используя разницу в подвижности дырок и электронов, при этом увеличение тока потребления будет асимметричным.

## Практический тест

Сравнение биполярных и КМОП ОУ фирмы Analog Devices и трех ее главных конкурентов иллюстрирует количественные характеристики этого эффекта (Таблица 1). В таблицу включен старинный сдвоенный ОУ LM358 без rail-to-rail выхода и сдвоенный компаратор LM393 компании National Semiconductor. При испытаниях измерялся потребляемый ток как функция напряжения питания с использованием трех схем.

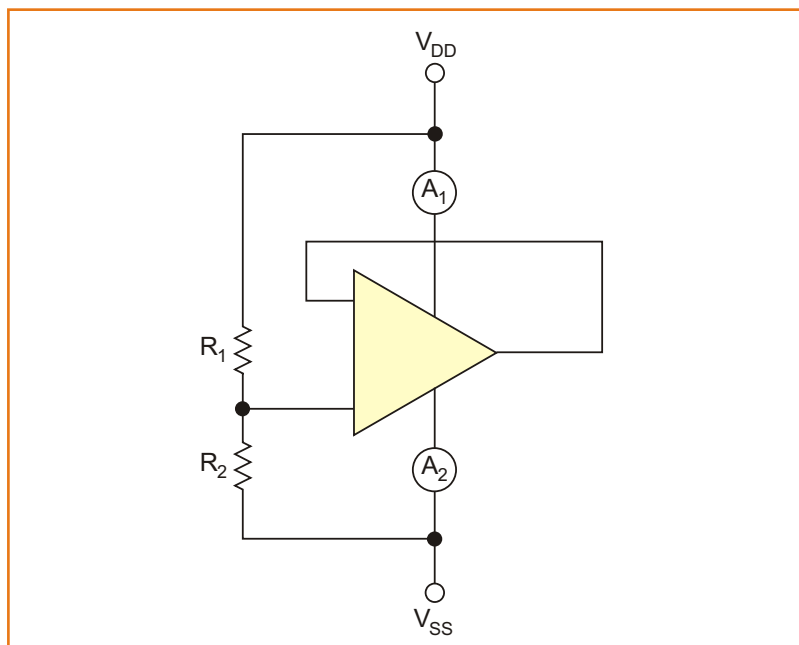


Рисунок 3. При классическом методе измерения тока потребления амперметры соединены таким образом, чтобы исключить возможность прохождения тока источника питания через резистивный делитель.

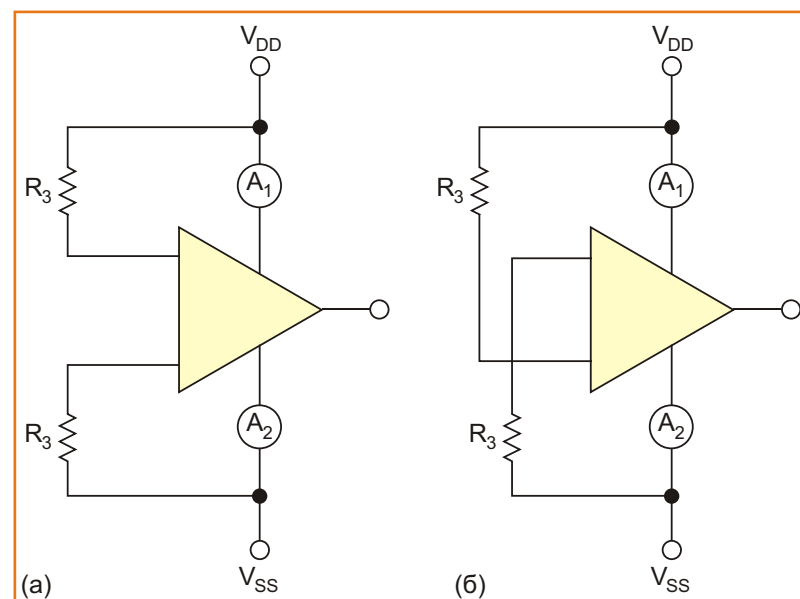


Рисунок 4. Чтобы измерить потребляемый ток при отсутствии обратной связи, используется другой метод: (а) – при низком напряжении на выходе, (б) – при высоком напряжении на выходе.

На Рисунке 3 показан классический метод измерения тока потребления. Как видно из рисунка, амперметры соединены таким образом, чтобы исключить возможность прохождения тока источника питания через резистивный делитель. Два амперметра дают уверенность, что измерения потребляемого тока точны, а любые нежелательные пути его протекания через входные выводы исключены. Значения сопротивлений не критичны и лишь обеспечивают подачу на вход ОУ напряжения, соответствующего указанному в технической документации диапазону.

Чтобы измерить потребляемый ток при отсутствии обратной связи, как, например, в случае включения ОУ компаратором, используется другой метод (Рисунок 4). Некоторые маломощные биполярные ОУ имеют между входами диоды, предназначенные для защиты от дифференциальных напряжений, в связи с чем в справочных данных в таблице абсо-

лутных максимальных значений указывается максимальное дифференциальное напряжение  $\pm 0.7$  В. Сопротивления дополнительных последовательных входных резисторов обычно лежат в диапазоне 500 Ом – 2 кОм. В таблице абсолютных максимальных значений может утверждаться, что максимальное дифференциальное напряжение равно плюсу или минусу напряжения источника питания, но это вовсе не означает, что устройство при этом будет работать нормально. Вы должны ознакомиться с упрощенной внутренней схемой. Если не найдете схемы в документации, попросите производителя предоставить ее вам.

При измерениях по схеме на Рисунке 4 к выбору резисторов следует подходить более строго. Они должны быть достаточно малы, чтобы входное дифференциальное напряжение было не менее 0.5 В для гарантированной привязки выхода к уровню шины питания, но, в то же время, достаточно велики, чтобы не допустить повреждения внутренних диодов. Выбранные значения ограничивают входной ток на уровне менее 1 мА.

### Биполярные rail-to-rail ОУ

Схема управления выходным каскадом биполярного ОУ с rail-to-rail выходным каскадом может иметь различные конфигурации. При некоторых способах управления, по мере приближения выходного напряжения к шинам питания, происходит увеличения тока потребления. В документации на OP284 компании Texas Instruments приведена упрощенная схема второго и выходного каскадов (Рисунок 5).

Когда  $Q_5$ ,  $Q_3$  и  $Q_4$  поднимают выходное напряжение, ток потребления становится функцией величин сопротивлений  $R_4$  и  $R_6$ . Эти значения выбираются так, чтобы максималь-

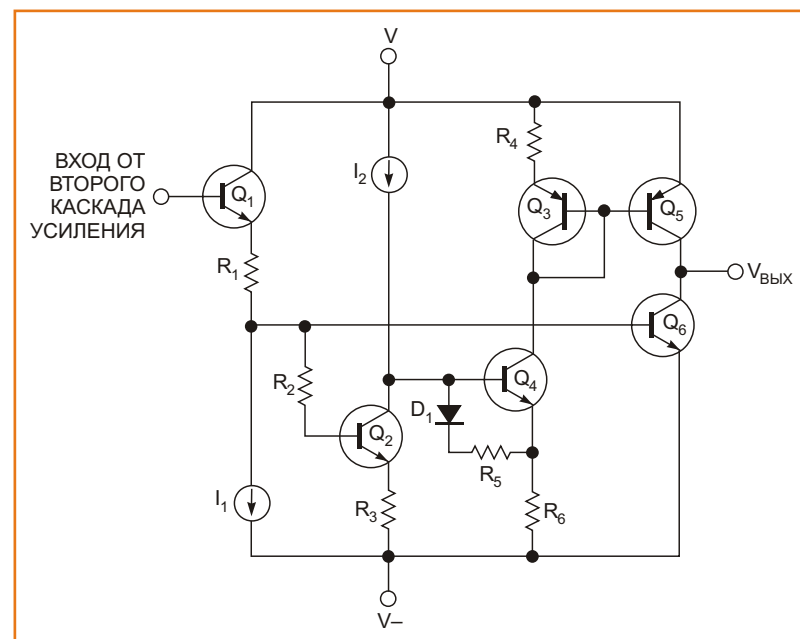


Рисунок 5. Когда в ОУ OP284 транзисторы  $Q_5$ ,  $Q_3$  и  $Q_4$  поднимают выходное напряжение, ток потребления становится функцией величин сопротивлений  $R_4$  и  $R_6$ . Эти значения выбираются так, чтобы максимально улучшить характеристики ОУ и минимизировать площадь кристалла, но качество работы в режиме компаратора при этом во внимание не принимается.

но улучшить характеристики ОУ и минимизировать площадь кристалла, но качество работы в режиме компаратора при этом во внимание не принимается. Если  $Q_6$ ,  $R_1$ , и  $Q_1$  опускают выходное напряжение, уровень тока потребления определяется сопротивлением  $R_1$ . И вновь, выбор значений  $R_1$ ,  $I_1$  и других компонентов будет влиять на характеристики ОУ, а не компаратора.

### КМОП rail-to-rail ОУ

КМОП ОУ ведут себя интересно. В некоторых случаях, когда вы «привязываете» его выход к шине питания, потребляемый ток уменьшается. Выходной каскад КМОП ОУ (Рисунок 6) состоит из соединенных стоками

p-МОП и n-МОП транзисторов. Коэффициент усиления равен произведению крутизны характеристики на сопротивление нагрузки. Поскольку управляющая схема устанавливает ток потребления в заданное значение, всегда можно получить подходящую величину крутизны.

Чем меньше становится разница между выходным напряжением и напряжением шины питания, тем сильнее падает выходное напряжение схемы управления конечным каскадом. В зависимости от передаточной характеристики участка схемы от верхнего до нижнего транзистора, ток, в той или иной степени, также уменьшается. Отметим существенные различия в поведении четырех КМОП ОУ.

В целях сокращения площади кристалла, а, следовательно, и его стоимости, некоторые узлы сдвоенных ОУ, такие, например, как генераторы тока смещения и соответствующие схемы запуска, делаются общими для обоих усилителей. Если один ОУ работает в режиме, отличающемся от нормального, и нарушает работу цепи смещения, нормальная работа другого ОУ будет также нарушена [7]. Для систем с батарейным питанием, или при использовании слаботочных стабилизаторов напряжения, дополнительный ток потребления необходимо учитывать. Ресурс батареи может оказаться меньше, чем вы рассчитывали, или же стабилизатор будет запускаться не при всяких условиях, особенно, в диапазоне температур.

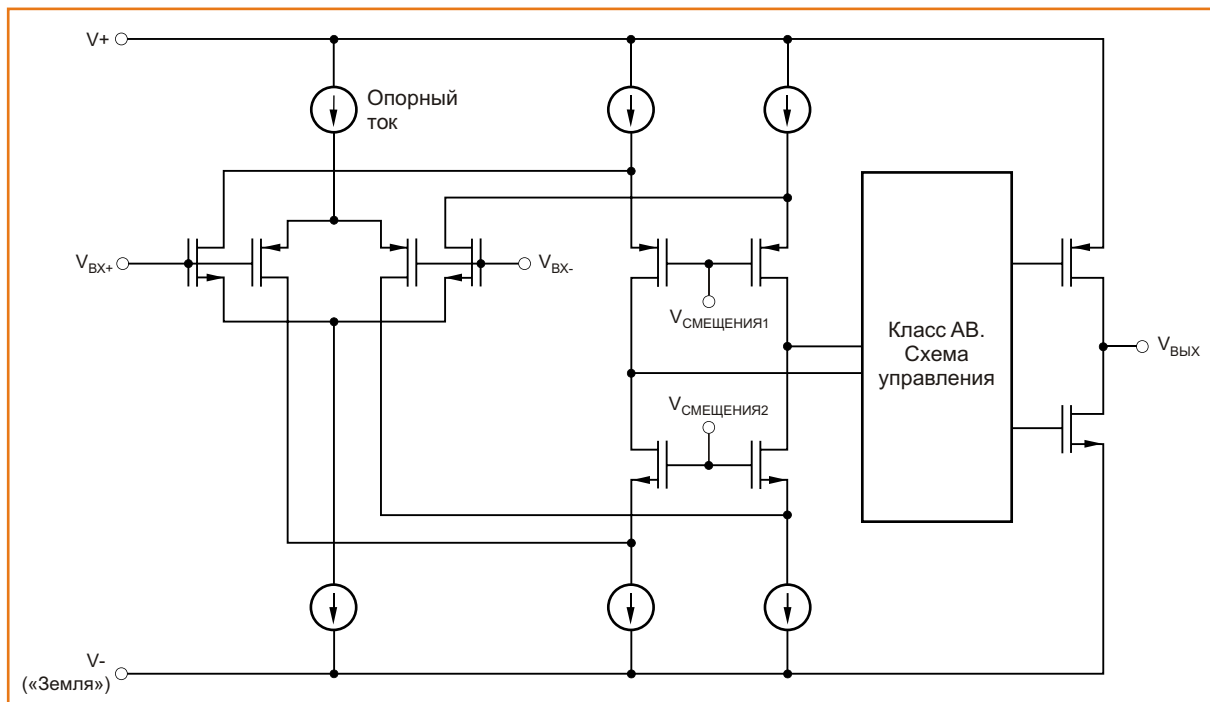


Рисунок 6. Упрощенная схема КМОП ОУ с rail-to-rail выходом.

В новых разработках использования ОУ в качестве компараторов лучше всего избегать. Если вам, все же, необходимо включить ОУ в режиме компаратора, вы должны изучить справочную документацию изготовителя на предмет наличия какой-либо информации об использовании ОУ как компаратора. Некоторые производители приводят подобную информацию [8]. Если такая информация отсутствует, запросите ее у производителя. Если же он не может ее предоставить, измерьте необходимые параметры самостоятельно, используя приведенные выше схемы, и для надежности добавьте 50% запас.

Включенные компараторами ОУ с rail-to-rail выходом имеют весьма специфические характеристики. Если в вашей конструкции должен быть компаратор, самый разумный способ увеличить ресурс батареи и улучшить характеристики схемы – использовать недорогой компаратор, а не ОУ. Кроме того, все неиспользуемые ОУ следует включать повторите-

лями, соединяя неинвертирующие входы с источником стабильного напряжения в пределах диапазона допустимых входных напряжений ОУ. Старайтесь, также, использовать одиночные или сдвоенные усилители вместо счетверенных.

Потребляемый ток может сильно превышать тот максимум, который заявлен в техни-

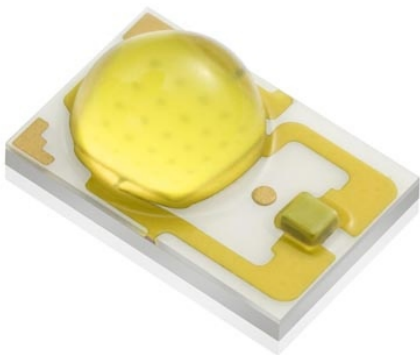
ческой документации. При тщательно соблюденных условиях, обсуждавшихся в данной статье, вы можете использовать ОУ в качестве компараторов, но намного предпочтительнее будет разумная комбинация в вашей конструкции микросхем ОУ и компараторов, которая позволит уменьшить ток потребления и улучшить характеристики устройства.

## Ссылки

1. Kester, Walt, «Op Amp Inputs, Outputs, Single-Supply, and Rail-to-Rail Issues,» MT-035 Tutorial, Analog Devices, 2008.
  2. «Comparators,» MT-083 Tutorial, Analog Devices, October 2008.
  3. Sylvan, John, «High-speed comparators provide many useful circuit functions when used correctly,» Analog Dialogue, Ask the Applications Engineer-5.
  4. Bryant, James, «Using Op Amps as Comparators,» Application Note AN-849, Analog Devices, 2006.
  5. Kester, Walt, «Using Op Amps As Comparators,» MT-084 Tutorial, Analog Devices, 2008.
  6. Moghimi, Reza, «Amplifiers as Comparators?» Analog Dialogue, Ask the Applications Engineer-31, April 2003.
  7. Holt, Harry, «Op Amps: To Dual or Not to Dual,» EE Times, Nov 19, 2010.
  8. «Micropower RRIO Operational Amplifier,» ADA4092-4, Analog Devices, 2010.
-

# Правильно ли мы понимаем характеристики мощных светодиодов?

Rudi Hechfellner, Steve Landau



Philips Lumileds

Предположим, из нескольких светодиодов различных производителей вы хотите выбрать лучший. На первый взгляд, кажется, что нет ничего проще: берите справочные данные, сравнивайте параметры, характеризующие светоотдачу, эффективность и стабильность светового потока, и принимайте решение. К сожалению, любая покупка или конструкторское решение, базирующиеся на таком поверхностном взгляде на числа, приведенные на первых страницах документов, без анализа того, как поведет себя светодиод в реальных условиях эксплуатации, могут привести к неудовлетворительным результатам и существенным бизнес-рискам. В этой статье описы-

вается, как информацию, содержащуюся в справочных данных изготовителей, превратить в инструмент, с помощью которого вы сможете адекватно оценить поведение светодиода в вашем изделии.

## Светодиодная лампа

Использование этого инструмента лучше всего проиллюстрировать примером. Давайте представим, что вы намерены сконструировать настольную лампу с максимально возможным световым потоком с источником света на основе одного светодиода. По истечении 50,000 часов работы светоотдача, в среднем, не должна уменьшиться более чем до 70% от уровня новой лампы. Наиболее важным моментом в этом проекте будет выбор производителя, чей светодиод наиболее подходит для решения поставленной задачи.

Таблица 1. Пример основных характеристик миниатюрных мощных светодиодов.

| Изготовитель                                                                                                                          | Из справочных данных       |                   |                                        |       |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------|-------------------|----------------------------------------|-------|
|                                                                                                                                       | Минимальный световой поток | Условия измерений |                                        |       |
|                                                                                                                                       | лм                         | Прямой ток        | Температура                            | Время |
| ИЗГ1                                                                                                                                  | 91                         | 350 мА            | $T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$     | 25 мс |
| ИЗГ2                                                                                                                                  | 107                        | 350 мА            | $T_J = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$     | 25 мс |
| ИЗГ3                                                                                                                                  | 130                        | 700 мА            | $T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$     | 25 мс |
| ИЗГ4                                                                                                                                  | 100                        | 350 мА            | $T_{Pad} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ | 25 мс |
| $T_A$ – температура окружающей среды<br>$T_J$ – температура перехода<br>$T_{Pad}$ – температура центрального теплоотводящего контакта |                            |                   |                                        |       |

В этом примере сравниваются высокоэффективные светодиоды четырех изготовителей, обозначенных ИЗГ1...ИЗГ4. Используются только общедоступные источники справочных данных, предоставляемые изготовителями. Пример списка основных параметров для каждого прибора показан в Таблице 1.

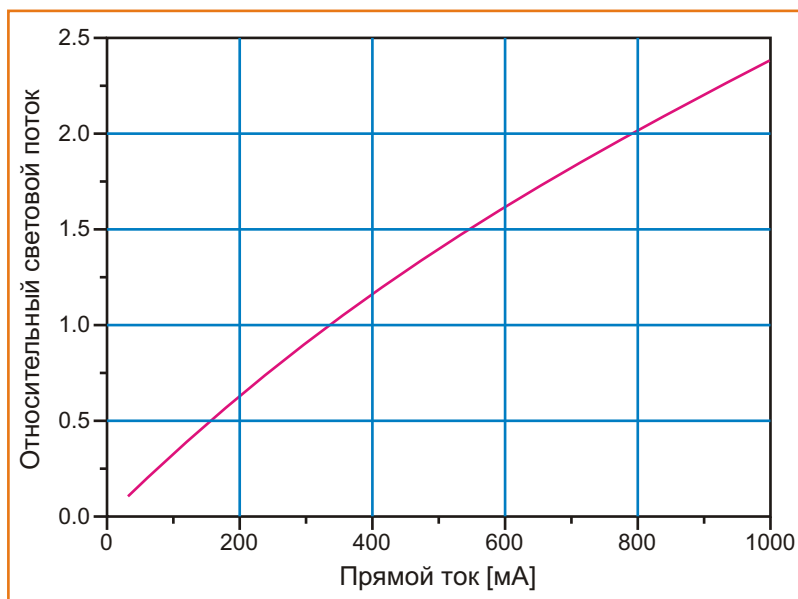


Рисунок 1. **График нормализованной зависимости светового потока от прямого тока.**

Произвести непосредственное сравнение светодиодов на основании этих данных невозможно, т.к. изготовитель ИЗГЗ специфицирует характеристики для прямого тока 700 мА. Однако нужно помнить, что целью проекта является создание лампы, светоотдача которой должна оставаться максимально возможной через 50,000 часов эксплуатации. При токе 350 мА (указанном у остальных изготовителей) говорить о максимальной светоотдаче нельзя, поэтому будем сравнивать все четыре светодиода при токе 700 мА (Таблица 2).

С этой целью необходимо в справочных материалах на три светодиода найти графики нормализованной зависимости светового потока от прямого тока, типичный пример которых показан на Рисунке 1. Графики позволяют определить светоот-

дачу при токах, отличающихся от указанных в спецификациях.

Как мы можем теперь увидеть в Таблице 2, ИЗГЗ перестал быть лидером по светоотдаче, однако исключать его из списка претендентов еще рано, т.к. сравнение параметров должно выполняться при сопоставимых условиях, а вопросов реальной рабочей температуры мы пока не касались.

Для этого нам понадобятся графики зависимости параметров от температуры для приборов всех изготовителей. Прежде всего, мы должны задать условия, в которых будут работать наши светодиоды: температуру окружающей среды и тепловое сопротивление излучателя. Сделав скромное допущение, что светодиоды, имея небольшие теплоотводы, будут работать при окружающей температуре 25 °С, и перенеся данные из графиков в Таблицу 3, мы обнаружим поразительное отличие новой таблицы от Таблицы 2.

Первый интересный момент, который мы должны отметить, заключается в том, что прибор ИЗГЗ вообще не может использоваться при этих условиях. Из-за высокого теплового сопротивления светодиода температура его перехода поднимается до 141 °С, что превышает максимально допустимую температуру на 16°С. Интересно посмотреть и на то, с какого уровня при этих условиях начинает падать светоотдача ИЗГ1.

Таблица 2. **Предварительное сравнение светодиодов при прямом токе 700 мА.**

| Изготовитель | Минимальный световой поток (из справочных данных) | Приведенный прямой ток | Нормированный минимальный световой поток при токе 700 мА | Условия измерений                             |       |
|--------------|---------------------------------------------------|------------------------|----------------------------------------------------------|-----------------------------------------------|-------|
|              | лм                                                |                        | лм                                                       | Температура                                   | Время |
| ИЗГ1         | 91                                                | 700                    | 164                                                      | $T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$            | 25 мс |
| ИЗГ2         | 107                                               | 700                    | 182                                                      | $T_J = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$            | 25 мс |
| ИЗГ3         | 130                                               | 700                    | 130                                                      | $T_A = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$            | 25 мс |
| ИЗГ4         | 100                                               | 700                    | 165                                                      | $T_{\text{Pad}} = 25\text{ }^{\circ}\text{C}$ | 25 мс |

Таблица 3. Сравнение светотдачи при реальной рабочей температуре

| Изготовитель | Минимальный световой поток (из справочных данных) | Фактический прямой ток | Нормализованный минимальный световой поток при 25 °C | Максимальная температура перехода T <sub>J</sub> из справочных данных | Температура перехода T <sub>J</sub> (расчетная) при 25 °C и R <sub>th</sub> =50 K/Вт | Вычисленный коэффициент снижения светового потока | Фактический световой поток |
|--------------|---------------------------------------------------|------------------------|------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------|----------------------------|
|              | лм                                                | ч                      | лм                                                   | °C                                                                    | °C                                                                                   |                                                   | лм                         |
| ИЗГ1         | 91                                                | 700                    | 164                                                  | 145                                                                   | 135                                                                                  | 72%                                               | 118                        |
| ИЗГ2         | 107                                               | 700                    | 182                                                  | 150                                                                   | 128                                                                                  |                                                   | 142                        |
| ИЗГ3         | 130                                               | 700                    | 130                                                  | 125                                                                   | 141                                                                                  | 78%                                               |                            |
| ИЗГ4         | 100                                               | 700                    | 165                                                  | 150                                                                   | 130                                                                                  | 81%                                               | 133                        |

Теперь у нас есть намного более реалистичная основа для сравнения приборов различных изготовителей. Но мы пока не учитывали еще одно требование: спад светотдачи до 70% после 50,000 часов работы.

И вновь, мы должны обратиться к справочной информации и найти зависимости интенсивности излучения от времени. При этом необходимо внимательно смотреть, для каких условий приводятся данные (см. Таблицу 4). Для излучателя ИЗГ4 условия эксплуатации не противоречат требованиям по ресурсу: устройство способно проработать 50,000 часов при температуре перехода 135 °C. (В примере с настольной лампой светодиод реально работает при температуре 130 °C). Таким образом, теперь мы знаем, что новый светодиод ИЗГ4 обеспечит световой поток не

менее 133 лм, а через 50,000 часов эксплуатации от того же светодиода можно будет получить пиковую светотдачу не менее 70% от первоначальной.

Из Таблицы 4 видно также, при каких условиях прибор ИЗГ2 может обеспечить 70% светотдачи по истечении 50,000 часов: температура самого светодиода должна быть не более 85 °C. Но в нашем примере, при прямом токе через светодиод равном 700 мА, температура ИЗГ2 достигнет значительно большего уровня – 128 °C.

Несложные сравнения

Простейший способ сопоставить характеристики ИЗГ2 и остальных излучателей по достижении срока службы 50,000 часов заключается в снижении прямого тока до зна-

Таблица 4. Выходные параметры светодиодов, обеспечивающие срок службы 50,000 ч

| Изготовитель | Расчетная интенсивность излучения | Время наработки до уменьшения светотдачи до 70% | Температура перехода T <sub>J</sub> макс. из справочных данных | Условия соблюдения требования 70%/50,000 ч                        | Фактическая рабочая температура T <sub>J</sub> (расчетное значение) | Расчетный ток, обеспечивающий срок службы 50,000 часов | Окончательный расчет интенсивности излучения |
|--------------|-----------------------------------|-------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
|              | лм                                | ч                                               | °C                                                             |                                                                   | °C                                                                  | мА                                                     | лм                                           |
| ИЗГ2         | 142                               | 50,000                                          | 150                                                            | T <sub>J</sub> 85 °C<br>T <sub>A</sub> 25 °C                      | 128                                                                 | 407                                                    | 107                                          |
| ИЗГ4         | 133                               | 50,000                                          | 150                                                            | T <sub>J</sub> 135 °C и ток 700 мА<br>T <sub>A</sub> – не указана | 130                                                                 | 700                                                    | 133                                          |

чения, при котором температура перехода равна 85 °С. Для этого следует уменьшить ток до 407 мА, и при таком токе интенсивность излучения составит всего 107 лм, против 133 лм у излучателя ИЗГ4 при прямом токе 700 мА. Дополнительно надо учесть, что распространенные драйверы светодиодов выпускаются только на токи 350 или 700 мА. Поскольку 407 мА – значение нестандартное, придется использовать собственный драйвер, что, скорее всего, увеличит стоимость решения.

---

Предварительный перечень необработанных характеристик и условий их измерения, которые приводятся в типичных справочных данных на светодиоды, и, отчасти, собраны в Таблице 1, не соответствует условиям эксплуатации в реальных осветительных приборах. Принять правильное решение по выбору светодиодов можно только путем внимательного анализа характеристик, при обязательном учете реальных условий их использования.

# Способы управления яркостью свечения светодиодов с помощью импульсных драйверов

Rich Rosen, National Semiconductor

## Введение

Экспоненциальный рост количества светодиодных источников света сопровождается столь же бурным расширением ассортимента интегральных схем, предназначенных для управления питанием светодиодов. Импульсные драйверы светодиодов давно заменили неприемлемые для озабоченного экономией энергии мира прожорливые линейные регуляторы, став для отрасли фактическим стандартом. Любые приложения, от ручного фона-

рика до информационных табло на стадионах, требуют точного управления стабилизированным током. При этом часто бывает необходимо в реальном времени изменять интенсивность излучения светодиодов. Управление яркостью источников света, и, в частности, светодиодов, называется диммированием. В данной статье излагаются основы теории светодиодов и описываются наиболее популярные методы диммирования с помощью импульсных драйверов.

## Яркость и цветовая температура светодиодов

### Яркость светодиодов

Концепцию яркости видимого света, испускаемого светодиодом, понять довольно легко. Числовое значение воспринимаемой яркости излучения светодиода может быть легко измерено в единицах поверхностной плотности светового потока, называемых кандела (кд). Суммарная мощность светового излучения светодиода выражается в люменах (лм). Важно понимать, также, что яркость светодиода зависит от средней величины прямого тока.

На Рисунке 1 изображен график зависимости светового потока некоторого светодио-

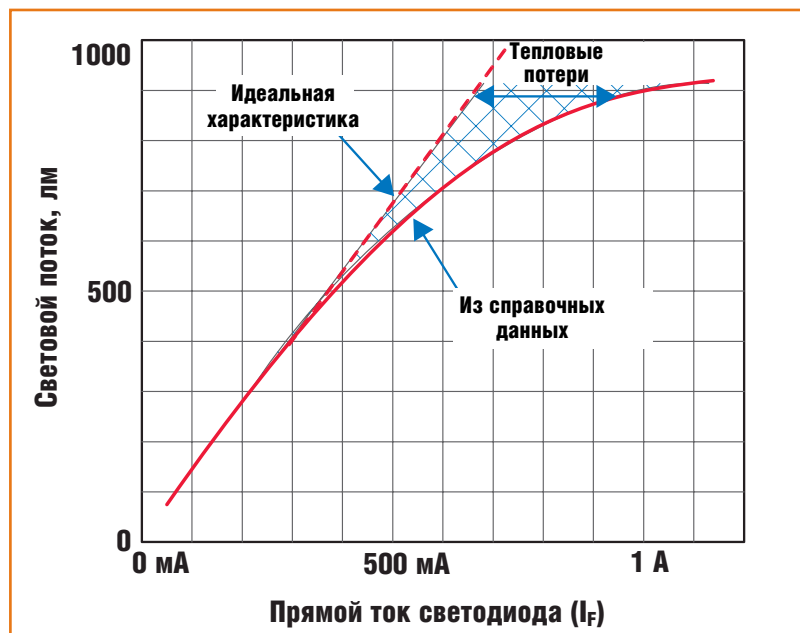


Рисунок 1. Зависимость светового потока от тока через светодиод.

да от прямого тока. В области используемых значений прямых токов ( $I_F$ ) график исключительно линеен. Нелинейность начинает проявляться при увеличении  $I_F$ . При выходе тока за пределы линейного участка эффективность светодиода уменьшается.

При работе вне линейной области значительная часть подводимой к светодиоду мощности рассеивается в виде тепла. Это потраченное впустую тепло перегружает драйвер светодиода и усложняет тепловой расчет конструкции.

### Цветовая температура светодиодов

Цветовая температура является параметром, характеризующим цвет светодиода, и указывается в справочных данных. Цветовая температура конкретного светодиода описывается диапазоном значений и смещается при изменении прямого тока, температуры перехода, а также, по мере старения прибора. Чем ниже цветовая температура светодиода, тем ближе его свечение к красно-желтому цвету, называемому «теплым». Более высоким цветовым температурам соответствуют синезеленые цвета, называемые «холодными». Нередко для цветных светодиодов вместо цветовой температуры указывается доминирующая длина волны, которая может смещаться точно также, как цветовая температура.

### Способы управления яркостью свечения светодиодов

Существуют два распространенных способа управления яркостью (диммирования) светодиодов в схемах с импульсными драйверами: широтно-импульсная

модуляция (ШИМ) и аналоговое регулирование. Оба способа сводятся, в конечном счете, к поддержанию определенного уровня среднего тока через светодиод, или цепочку светодиодов. Ниже мы обсудим различия этих способов, оценим их преимущества и недостатки.

На Рисунке 2 изображена схема импульсного драйвера светодиода в конфигурации понижающего преобразователя напряжения. Напряжение  $V_{IN}$  в такой схеме всегда должно превышать сумму напряжений на светодиоде и резисторе  $R_{SNS}$ . Ток дросселя целиком протекает через светодиод и резистор  $R_{SNS}$ , и регулируется напряжением, подаваемым с резистора на вывод CS. Если напряжение на выводе CS начинает опускаться ниже установленного уровня, коэффициент заполнения импульсов тока, протекающего через L1, светодиод и  $R_{SNS}$  увеличивается, вследствие чего увеличивается средний ток светодиода.

### Аналоговое диммирование

Аналоговое диммирование – это поцикловое управление прямым током светодиода. Проще говоря, это поддержание тока светодиода

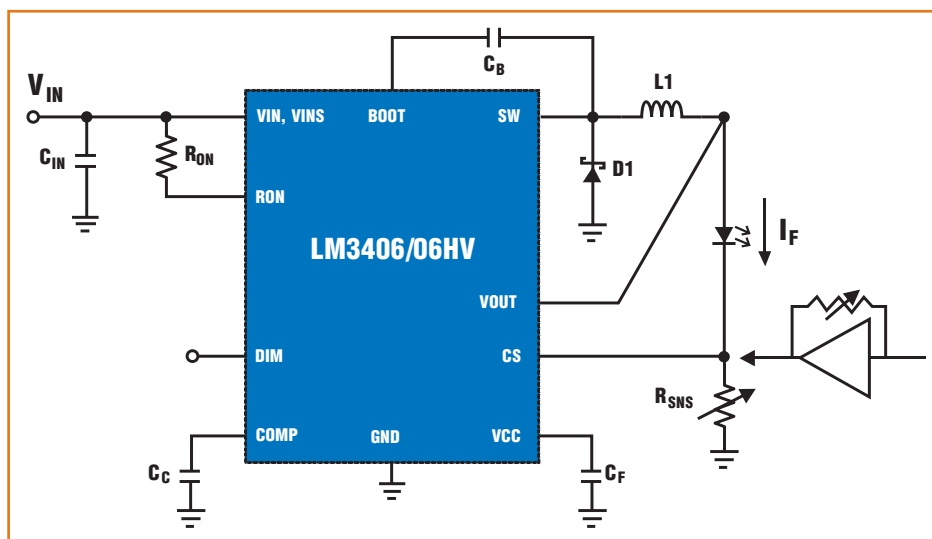


Рисунок 2. Топология понижающего преобразователя.

ода на постоянном уровне. Аналоговое диммирование выполняется либо регулировкой резистора датчика тока  $R_{SNS}$ , либо изменением уровня постоянного напряжения, подаваемого на вывод DIM (или аналогичный вывод) драйвера светодиодов. Оба примера аналогового управления показаны на Рисунке 2.

### **Аналоговое диммирование регулировкой $R_{SNS}$**

Из Рисунка 2 видно, что при фиксированном опорном напряжении на выводе CS изменение величины  $R_{SNS}$  вызывает соответствующее изменение тока светодиода. Если бы было возможно найти потенциометр с сопротивлением менее 1 Ом, способный выдержать большие токи светодиода, такой способ диммирования имел бы право на существование.

### **Аналоговое диммирование с помощью управления напряжением питания через вывод CS**

Более сложный способ предполагает прямое поцикловое управление током светодиода с помощью вывода CS. Для этого, в типичном случае, в петлю обратной связи включается источник напряжения, снимаемого с датчика тока светодиода и буферизованного усилителем (Рисунок 2). Для регулировки тока светодиода можно управлять коэффициентом передачи усилителя. В эту схему обратной связи несложно ввести дополнительную функциональность, такую, например, как токовую и температурную защиту.

Недостатком аналогового диммирования является то, что цветовая температура излучаемого света может зависеть от прямого тока светодиода. В тех случаях, когда изменение цвета свечения недопустимо, диммирование

светодиода регулированием прямого тока применяться не может.

## **Диммирование с помощью ШИМ**

Диммирование с помощью ШИМ заключается в управлении моментами включения и выключения тока через светодиод, повторяемыми с достаточно высокой частотой, которая, с учетом физиологии человеческого глаза, не должна быть меньше 200 Гц. В противном случае, может проявляться эффект мерцания.

Средний ток через светодиод теперь становится пропорциональным коэффициенту заполнения импульсов и выражается формулой:

$$I_{DIM-LED} = D_{DIM} \cdot I_{LED}$$

где

$I_{DIM-LED}$  – средний ток через светодиод,

$D_{DIM}$  – коэффициент заполнения импульсов ШИМ,

$I_{LED}$  – номинальный ток светодиода, устанавливаемый выбором величины сопротивления  $R_{SNS}$  (см. Рисунок 3).

### **Модуляция драйвера светодиодов**

Многие современные драйверы светодиодов имеют специальный вход DIM, на который можно подавать ШИМ сигналы в широком диапазоне частот и амплитуд. Вход обеспечивает простой интерфейс со схемами внешней логики, позволяя включать и выключать выход преобразователя без задержек на перезапуск драйвера, не затрагивая при этом работы остальных узлов микросхемы. С помощью выводов разрешения выхода и вспомогательной логики можно реализовать ряд дополнительных функций.

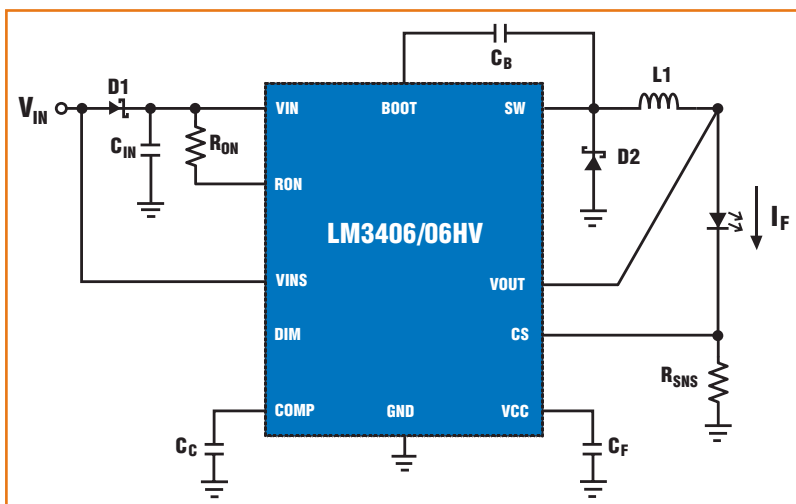


Рисунок 3. Двухпроводное ШИМ диммирование.

### Двухпроводное ШИМ – диммирование

Двухпроводное ШИМ-диммирование приобрело популярность в схемах внутренней подсветки автомобилей. Если напряжение на выводе  $V_{INS}$  становится на 70% меньше, чем на  $V_{IN}$  (Рисунок 3), работа внутреннего силового MOSFET транзистора запрещается, и ток через светодиод выключается. Недостаток метода заключается в необходимости иметь схему формирователя сигнала ШИМ в источнике питания преобразователя.

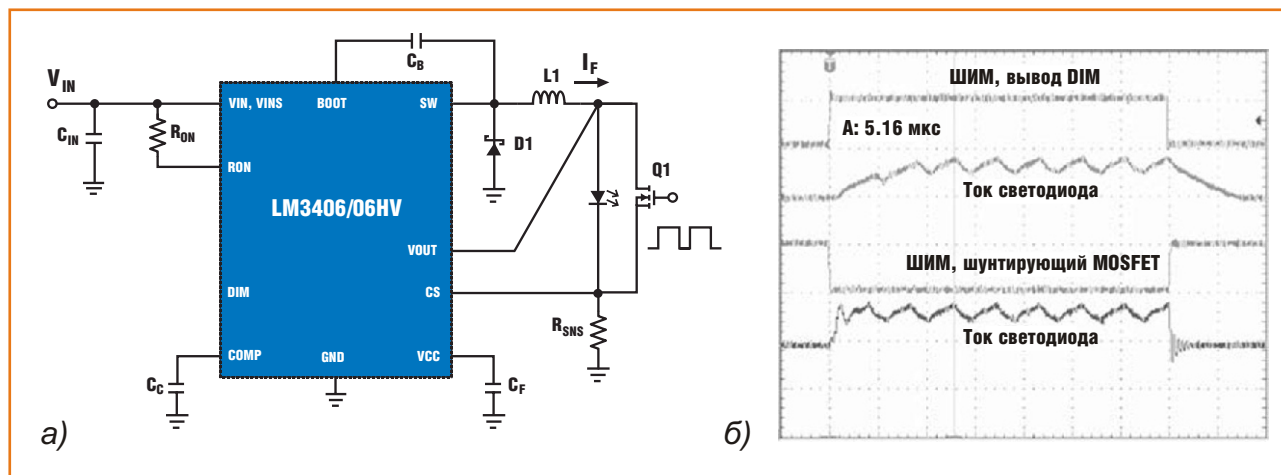


Рисунок 4. Быстрое ШИМ диммирование (а), формы токов и напряжений (б).

### Быстрое ШИМ – диммирование с шунтирующим устройством

Запаздывание моментов включения и выключения выхода конвертора ограничивает частоту ШИМ и диапазон изменения коэффициента заполнения. Для решения этой проблемы параллельно светодиоду, или цепочке светодиодов, можно подключить шунтирующее устройство, такое, скажем, как MOSFET транзистор, показанный на Рисунке 4а, позволяющий быстро пустить выходной ток преобразователя в обход светодиода (светодиодов).

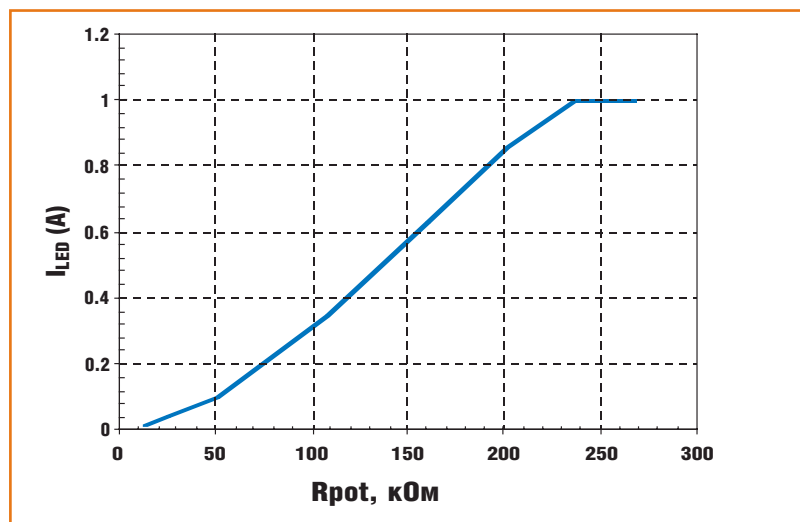
Ток дросселя на время выключения светодиода остается непрерывным, благодаря чему нарастание и спад тока перестают затягиваться. Теперь время нарастания и спада ограничивается только характеристиками MOSFET транзистора. На Рисунке 4а изображена схема подключения шунтирующего транзистора к светодиоду, управляемому драйвером LM3406, а на Рисунке 4б показаны осциллограммы, иллюстрирующие различие результатов, получаемых при диммировании с использованием вывода DIM (сверху), и при подключении шунтирующего транзистора (внизу). В обоих случаях выходная емкость равнялась 10 нФ. Шунтирующий MOSFET транзистор типа Si3458.

При шунтировании тока светодиодов, управляемых преобразователями со стабилизацией тока, надо учитывать возможность возникновения бросков тока при включении MOSFET транзисто-

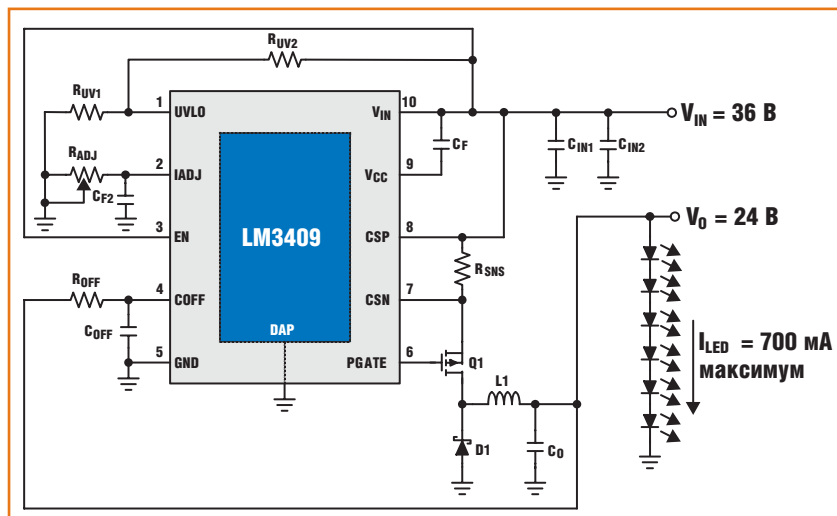
ра. В семействе драйверов светодиодов LM340х предусмотрено управление временем включения преобразователей, что позволяет решить проблему выбросов. Для сохранения максимальной скорости включения/выключения емкость между выводами светодиода должна быть минимальной. Существенным недостатком быстрого ШИМ-диммирования, по сравнению с методом модуляции выхода преобразователя, является снижение КПД. При открытом шунтирующем приборе на нем рассеивается мощность, выделяющаяся в виде тепла. Для снижения таких потерь следует выбирать MOSFET транзисторы с минимальным сопротивлением открытого канала  $R_{DS-ON}$ .

# Многорезжимный диммер LM3409

National Semiconductor выпускает уникальный многорежимный драйвер светодиодов LM3409, предназначенный как для аналогового, так и ШИМ регулирования яркости. Диммирование может осуществляться одним из четырех способов:

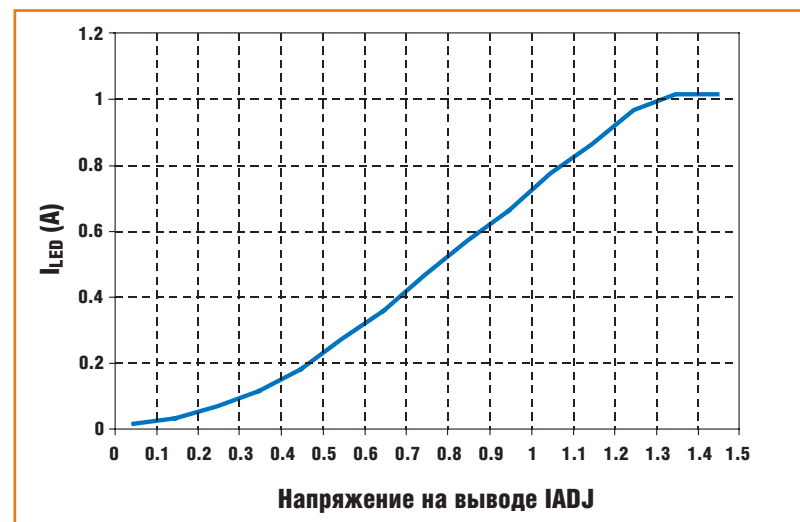


**Рисунок 6. Зависимость тока светодиода от сопротивления потенциометра.**



**Рисунок 5. Аналоговое управление яркостью.**

1. Аналоговое регулирование прямой подачей напряжения 0 ... 1.24 В на вывод IADJ.
2. Аналоговое регулирование с помощью потенциометра, подключенного между выводом IADJ и «землей».
3. ШИМ регулирование с помощью вывода EN.
4. ШИМ регулирование с помощью шунтирующего MOSFET транзистора.



**Рисунок 7. Зависимость тока светодиода от напряжения на выводе IADJ.**

На Рисунке 5 показана схема включения LM3409 для управления яркостью с помощью потенциометра. Внутренний источник тока 5 мкА создает падение напряжения на сопротивлении  $R_{ADJ}$ , которое, в свою очередь, влияет на внутренний порог схемы измерения тока светодиода. С точно таким же эффектом можно управлять микросхемой, непосредственно подавая постоянное напряжение на вывод IADJ.

Рисунок 6 демонстрирует зависимость измеренного тока светодиода от сопротивления включенного между IADJ и «землей» потенциометра. Плато на уровне 1 А в верхней части графика определяется величиной показанного на Рисунке 4 резистора  $R_{SNS}$ , задающего максимальный номинальный ток светодиода.

На Рисунке 7 изображена зависимость измеренного тока светодиода от постоянного напряжения, приложенного к выводу IADJ.

Заметим, что максимальный ток здесь также определяется величиной  $R_{SNS}$ .

Обе аналоговые технологии диммирования просты в реализации и позволяют с очень высокой линейностью регулировать яркость свечения, вплоть до уровня 10% от максимума.

## Заключение

Регулировать яркость свечения светодиодов, питающихся от импульсных преобразователей, можно различными способами. Для каждого из двух основных методов, ШИМ и аналогового, характерны свои достоинства и недостатки. Ценою использования дополнительной логики, ШИМ регулирование значительно уменьшает вариации цвета светодиода при изменении яркости. Схемотехника аналогового диммирования проще, но неприменима там, где требуется поддержания постоянной цветовой температуры.

# Интеллектуальный многоканальный контроллер вентиляторов охлаждения для ПК

*Geoff Graham*

В статье мы рассмотрим конструкцию на микроконтроллере, которая позволит в автоматическом режиме регулировать скорость вращения вентиляторов охлаждения персонального компьютера. Управление осуществляется на основании данных о температуре, которая также измеряется устройством при помощи датчиков внутри корпуса компьютера. При управлении учитываются пользовательские настройки.

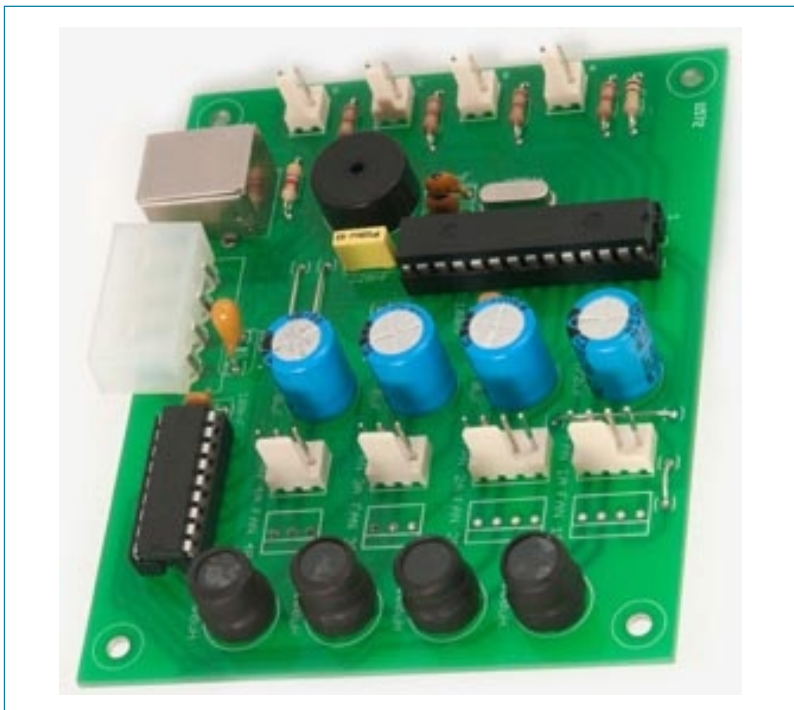
Автоматическое управление скоростью вентиляторов охлаждения позволяет значи-

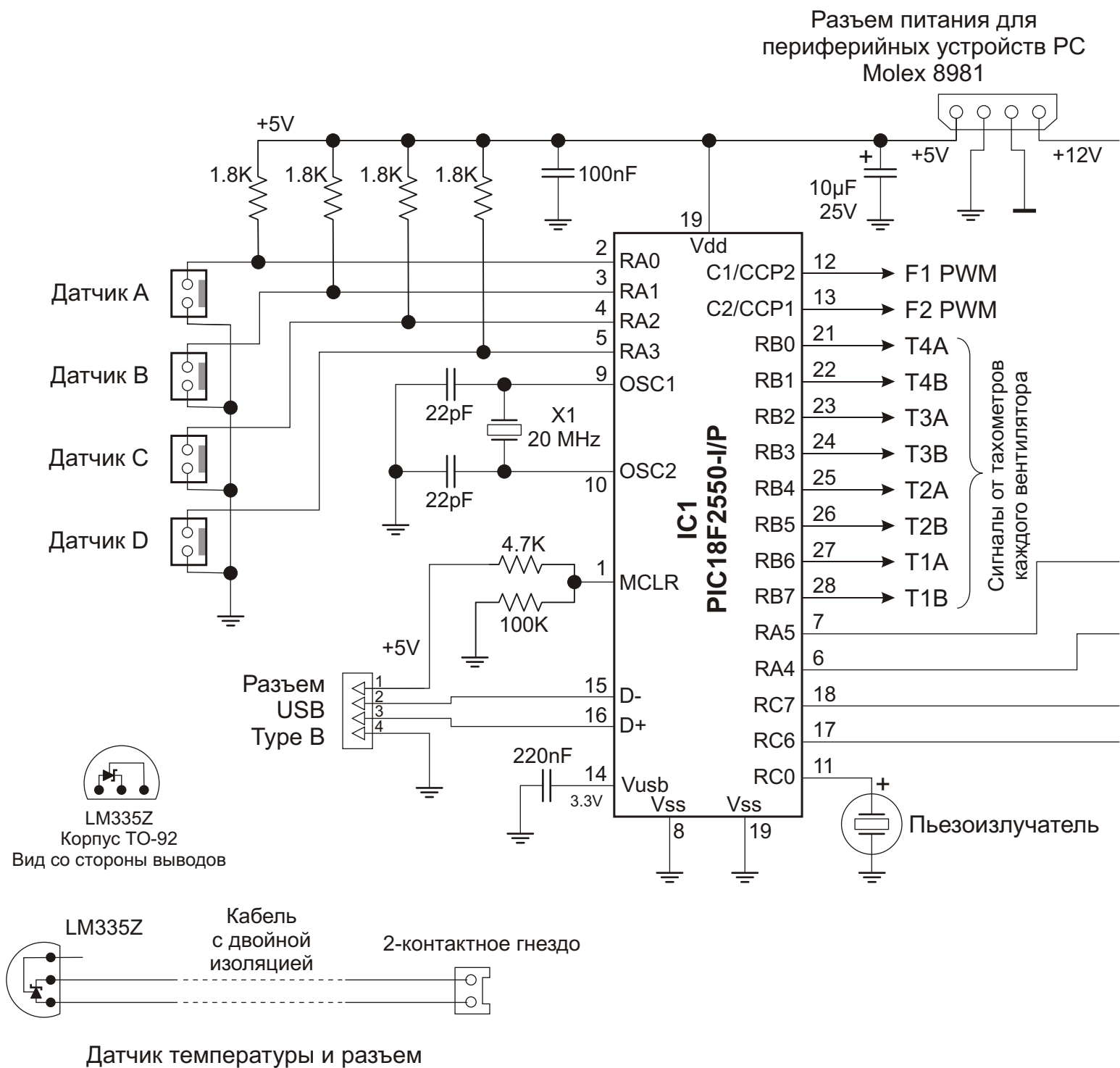
тельно снизить создаваемый ими шум. Любой человек, имеющий «шумный» компьютер, а это особенно касается медиа-центров, например в гостиной комнате, сразу заметит преимущества от использования данного устройства. При низкой температуре вентиляторы вращаются очень медленно, скорость вращения повышается по мере необходимости.

Устройство достаточно функционально, но при этом несложно в использовании и конфигурировании. Настройка основных параметров осуществляется в программе на ПК с графическим пользовательским интерфейсом. Кроме того, после настройки контроллер может функционировать как автономное устройство без связи с ПК, что позволит применить его не только для управления вентиляторами охлаждения ПК. Все настройки после конфигурирования хранятся в микроконтроллере.

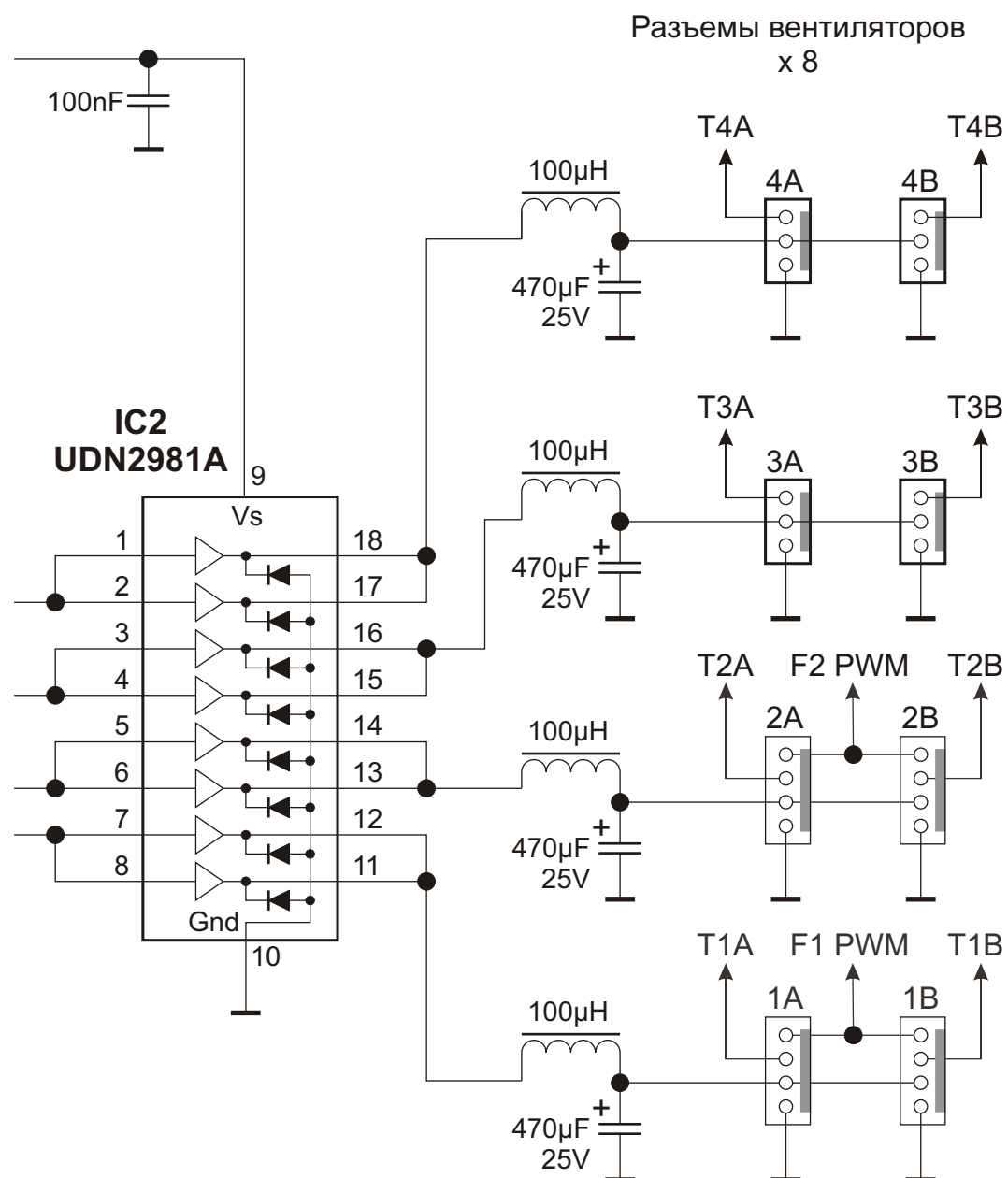
Отличительные особенности:

- Конфигурируемое управление скоростью вращения вентиляторов на основе данных о температуре;
- Поддержка управления максимально восемью вентиляторами, измерение температуры в четырех отдельных каналах;





Принципиальная схема контроллера вентиляторов охлаждения



- Возможность управления вентиляторами различного типа.
- USB интерфейс и программа для Windows для конфигурирования и мониторинга;
- Звуковое оповещение при отказе вентилятора или датчика;
- Возможность автономной работы контроллера после конфигурирования; все настройки хранит микроконтроллер PIC.

## Принципиальная схема и конструкция контроллера

Основой схемы является микросхема Microchip PIC18F2550 – высокопроизводительный Flash-микроконтроллер с USB интерфейсом. Микроконтроллер выполняет задачу измерения температуры по 4 каналам и осуществляет управление преобразователями напряжения. Регулировка скорости вращения вентиляторов осуществляется посредством изменения выходного напряжения преобразователей. Питание на схему контроллера подается от блока питания ПК, используются напряжения +5 В и +12 В.

В контроллере используются 4 схемы понижающих преобразователей напряжения (Buck Converter). Микроконтроллер генерирует последовательность импульсов на каждом выходе (порты RA4, RA5, RC7, RC8), отдельно для каждого преобразователя, и, варьируя шириной импульсов, может изменять выходное напряжение. В нашем случае частота импульсов равна 2.5 кГц, а ширина импульсов изменяется от 0 до 170 мкс, что дает изменение выходного напряжения от 0 В до 12 В. Четыре понижающих преобразователя построены на базе микросхемы 8-канального линейного драйвера IC2 UDN2981A и 4-х дрос-

селей, имеющих индуктивность 100 мкГн. Для организации одного канала преобразователя используются два канала драйвера со своими диодами (диод является обязательным условием при построении данного понижающего преобразователя).

К выходам преобразователей напряжения, как видно на схеме, подключено по паре разъемов различных типов. Таким образом, возможно подключение до 8 вентиляторов. Каждый преобразователь напряжения в схеме управляется независимо, с различными характеристиками управления, и рассчитан на нагрузку до 250 мА. Вентиляторы охлаждения, применяемые в системных блоках компьютеров, потребляют менее 120 мА, что позволяет подключать на один выходной канал два вентилятора. Однако перед подключением вентиляторов к контроллеру необходимо убедиться в выполнении данного условия.

Для измерения температуры применяются аналоговые датчики LM335, обозначенные на схеме Датчик А – Датчик D, подключаемые к портам микроконтроллера RA0 – RA3, соответственно. Прецизионный датчик температуры LM335 – это недорогой термочувствительный элемент с диапазоном измерений от  $-40^{\circ}\text{C}$  до  $+100^{\circ}\text{C}$  и точностью  $1^{\circ}\text{C}$ . Фактически, LM335 – это стабилитрон с нормированным Температурным Коэффициентом Напряжения ( $\text{TKU} = 10 \text{ мВ/К}$ ). Т.е. изменение температуры датчика на 1 градус ведет к изменению напряжения на 10 мВ.

Остальные компоненты в окружении микроконтроллера стандартны. Кварцевый резонатор 20 МГц используется для тактирования микроконтроллера, звуковой излучатель – для оповещения о неполадках датчиков или вентиляторов. Разъем USB подключен непосредственно к микроконтроллеру, т.к. он имеет

встроенный USB трансивер. Напряжение +5 В от USB интерфейса, когда кабель USB подключен к контроллеру, поступает на вывод 1 микроконтроллера и используется для старта процесса коммуникации по интерфейсу USB.

Контроллер собран на односторонней печатной плате с размерами 100 80 мм с учетом установки в 3½" отсек для дисководов. Пользователи могут самостоятельно разработать печатную плату, в соответствии со своими нуждами и возможностями.

Контроллер рассчитан на управление вентиляторами охлаждения системного блока, однако его можно применить для управления вентиляторами охлаждения процессора, видеокарты. В таком случае необходимо использовать датчики температуры, закрепленные на соответствующих радиаторах охлаждения



**Вариант расположения контроллера внутри системного блока.**

(обязательно с использованием термопасты).

Контроллер можно использовать также для управления вентилятором охлаждения блока питания, но следует помнить, что это опасно, так как многие элементы в блоке питания находятся под напряжением сети.

Рассмотрим теперь более детально основные электронные узлы, но, для начала, отме-

тим некоторые моменты в работе понижающих преобразователей напряжения в нашей схеме. Это самый простой вариант преобразователя, выходное напряжение которого содержит импульсные помехи и шумы и имеет некоторую нелинейность относительно сигнала управления. Но в данном случае (управление электродвигателями вентиляторов) высокая точность не нужна, главное, что мы можем управлять скоростью вращения, варьируя уровнем питающего напряжения. Другой способ, часто применяемый в простых схемах управления – это импульсное управление напряжением питания вентилятора (выключение и включение питания с большой частотой), однако этому способу присущ один недостаток – невозможность измерения скорости вращения с помощью встроенного тахометра.

Стоит заметить, что установленные дроссели, в зависимости от их качества, в процессе работы контроллера могут издавать звук высокой тональности. Это связано с вибрацией обмоток на рабочей частоте преобразователя 2.5 кГц. Этот звук слишком тихий, и при установке контроллера в корпус системного блока слышен не будет. Однако, с целью устранения этой проблемы, можно заменить их на дроссели с тороидальным сердечником. Они немного больше по размерам, но установка их на печатную плату затруднений не вызовет.

Разъем питания на плате контроллера (типа Molex 8981), к которому подключается один из отводов блока питания системного блока, необходимо хорошо закрепить, что бы не повредить печатные проводники при подключении/отключении платы в системном блоке.

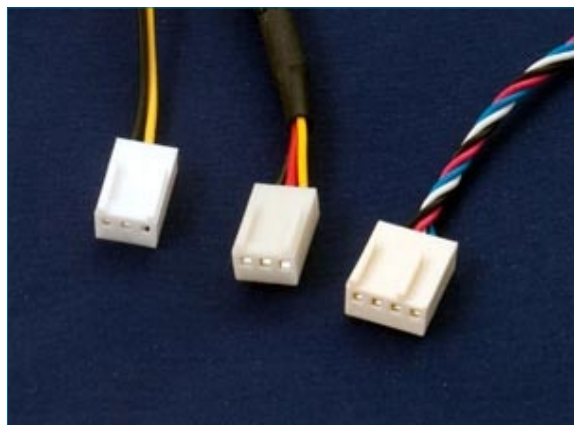
## **Поддерживаемые типы вентиляторов**

Контроллер может применяться для управления вентиляторами 3-х типов, в зависимости от их интерфейса подключения:

- Двухпроводные вентиляторы. В общем случае, они имеют 3-контактный разъем:

вывод 1 – GND (общий), вывод 2 – +12 В, вывод 3 – свободный;

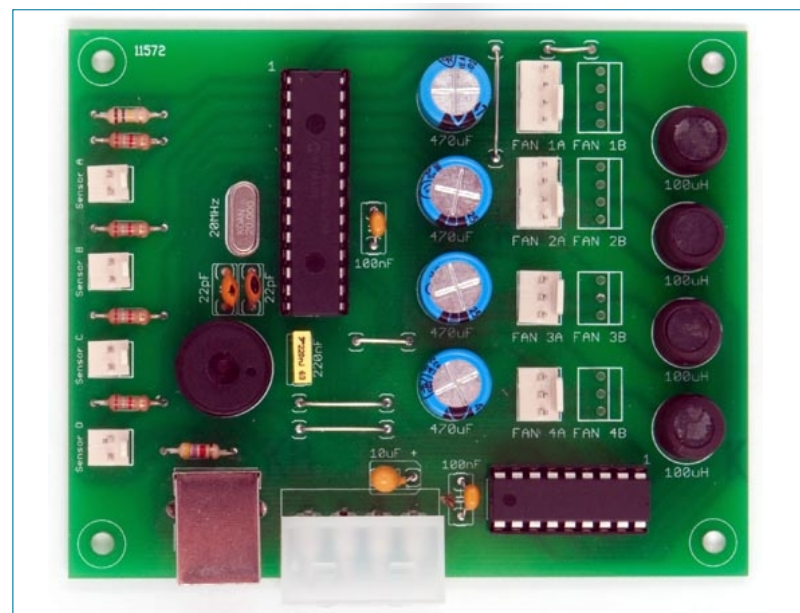
- Трехпроводные вентиляторы. Имеют такой же, 3-контактный разъем, но третий вывод используется, это выход встроенного в вентилятор тахометра, который может генерировать 1, 2 или 4 импульса на один оборот. Контроллер вентиляторов поддерживает работу со всеми видами тахометров;
- Четырехпроводные вентиляторы – это вентиляторы, разработанные по спецификации корпорации Intel. Они имеют 4-контактный разъем подключения: первые три вывода – как для вентиляторов с трехпроводным интерфейсом, четвертый вывод – для ШИМ управления скоростью вращения вентилятора. Следует обратить внимание, что разъем у таких вентиляторов специального типа, позволяющий подключать их как к 3-, так и к 4-контактным разъемам.



Если вентилятор сконфигурирован как 4-выводный, т.е. подключен к разъемам 1А, 1В, 2А, 2В (конфигурируется в программе), то микроконтроллер удерживает напряжение питания вентилятора постоянным на уровне 12 В и управляет скоростью вентилятора ШИМ сиг-

налом. Этот ШИМ сигнал доступен на выходах микроконтроллера 12 и 13 и, таким образом, возможно управление четырьмя такими вентиляторами. Конструкция разъемов позволяет подключать в них 2- и 3-выводные вентиляторы, которые будут работать в нормальном режиме, т.е. с управлением уровнем напряжения питания.

Выводы тахометров вентиляторов подключены непосредственно к микроконтроллеру (порты микроконтроллера RB0-RB7), который измеряет скорость вращения, и на основе этих измерений осуществляет управление, а также сообщает скорость вращения по интерфейсу USB в программу на ПК. Заметьте, что выход тахометра – это выход с открытым коллектором, поэтому в портах микроконтроллера задействуются внутренние подтягивающие резисторы.



**Внешний вид платы контроллера с установленными компонентами**

Датчики температуры подключаются к плате контроллера с помощью 2-контактных разъемов. Схема распайки кабеля показана на

рисунке ниже. Третий вывод датчика используется для введения температурной компенсации, и в нашем случае не используется.

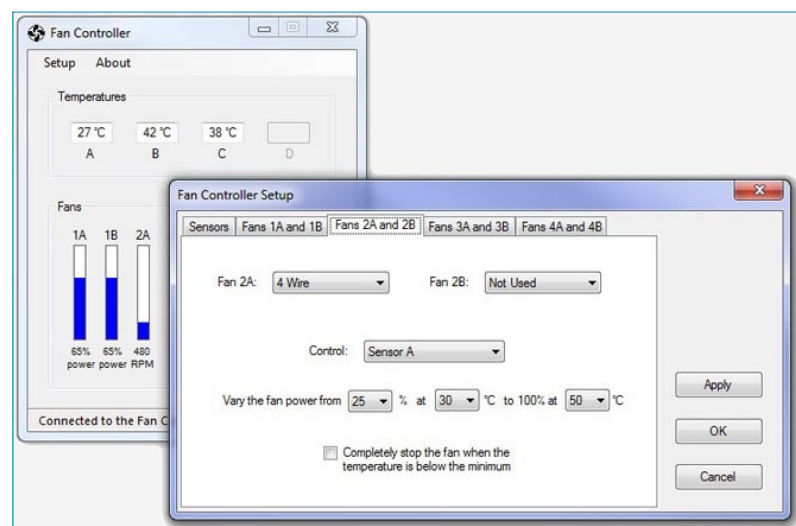


Программное обеспечение для ПК работает под управлением операционной системы Windows XP, Windows Vista и Windows 7 (32- и 64-битные версии). Это многофункциональная программа, которая позволит настраивать контроллер вентиляторов и отслеживать рабочие параметры: температуру в месте установки датчиков и скорость вращения вентиляторов (если вентиляторы снабжены тахометром).

Следует отметить, что возможно использование контроллера температуры на платформах Linux и Mac. Контроллер температуры использует протокол CDC (Communication Device Class) на USB, команды управления – это простые ASCII последовательности, и для пользователей не составит труда написать программу или простые скрипты для коммуникации с контроллером вентиляторов. Описание коммуникационного протокола доступно в архиве с исходными кодами программного обеспечения в разделе загрузок.

Программа для ПК написана в среде Microsoft Visual Basic Express 2008, программа для микроконтроллера в среде MPLAB с использованием Си компилятора C18. Кроме того, в пакет ПО для компьютера входит драйвер USB устройства.

При установке программы на ПК потребуется соединение с Интернетом, т.к. в процессе установки будут зачисляться элементы Microsoft .NET с официального сайта.



Микроконтроллер потребуется запрограммировать с помощью отдельного программатора.

Для пользователей также доступны исходные коды программного обеспечения, поэтому можно экспериментировать и модернизировать ПО в соответствии с собственными нуждами.

Программа для компьютера работает в двух режимах: режиме мониторинга и режиме настройки контроллера. В режиме мониторинга в окне программы отображаются текущие значения температуры в 4 точках (в градусах Цельсия и Фаренгейта) и скорость вращения вентиляторов. Если вентилятор не имеет встроенного тахометра, то отображается

выходная мощность преобразователя напряжения в процентном выражении.

В режиме настройки контроллера пользователь может выбрать:

- Какие датчики температуры подключены, и в каком формате будет отображаться значение температуры;
- Тип подключенных вентиляторов (2-, 3-, 4-проводный, или не подключен);
- Датчик для управления каждой парой вентиляторов. Это может быть датчик А, В, С или D. Также можно для управления вентиляторами установить разницу между датчиком D и А,В или С или же установить ручное управление (для тестирования или задания постоянной скорости вращения);
- Характеристику управления. Как видно на изображении выше, напряжение питания каждой пары вентиляторов может варьироваться от какого-то минимального значения до 100% в заданном диапазоне температуры соответствующего датчика.

В меню Setup доступна опция «Program Settings...», где пользователь может настроить шкалу графических указателей программы, значение напряжения питания контроллера (+5 В) и выбрать режим сворачивания окна программы в системную область состояния (System tray).

Установка значения напряжения питания связана с тем, что при измерении температуры с помощью датчиков LM335Z в качестве опорного напряжения микроконтроллер использует напряжение +5 В от блока питания компьютера. Поэтому любое изменение этого напряжения будет вносить погрешность в измерения температуры. Пользователь при помощи цифрового мультиметра может измерить напряжение питания (на разъеме блока питания компьютера) и указать это значение в настройках программы.

Минимизация окна на панель задач позволяет сократить используемые ресурсы центрального процессора компьютера, сведения о температуре можно узнать, наведя курсор мыши на иконку программы.

Загрузки

|                                                                                                       |                                                                                       |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| Прнципиальная схема (jpg, Eagle), рисунки печатной платы (png, Eagle), список компонентов (pdf)       |  |
| Спецификация Intel на вентиляторы с 4-проводным интерфейсом                                           |  |
| Прошивка микроконтроллера (hex-файл)                                                                  |  |
| Программа для ПК (драйвер и приложение)                                                               |  |
| Исходные коды программы для микроконтроллера и программы для ПК, описание коммуникационного протокола |  |

# Минимизация шумов при измерении параметров источников питания

John Lo Giudice, STMicroelectronics

EDN

*Устранив шум от щупа осциллографа, можно существенно улучшить точность измерений*

При измерении пульсаций на шинах питания следует стремиться к минимизации шумов, в особенности, если амплитуда пульсаций невелика. Основным инструментом, используемым при таких измерениях – щуп осциллографа, но он может оказаться источником помех и ошибок. Общий вывод, который имеют все стандартные щупы, образует петлю и работает как антенна, воспринимая паразитные магнитные поля. Чем больше петля, тем больше уровень наводимого сигнала. Чтобы проверить этот факт, соедините общий провод с наконечником щупа и перемещайте его в разные стороны. Осциллограф покажет шум, уровень которого будет изменяться, в зависи-



Рисунок 1. **Общий вывод стандартного щупа осциллографа может быть приемником шумов.**

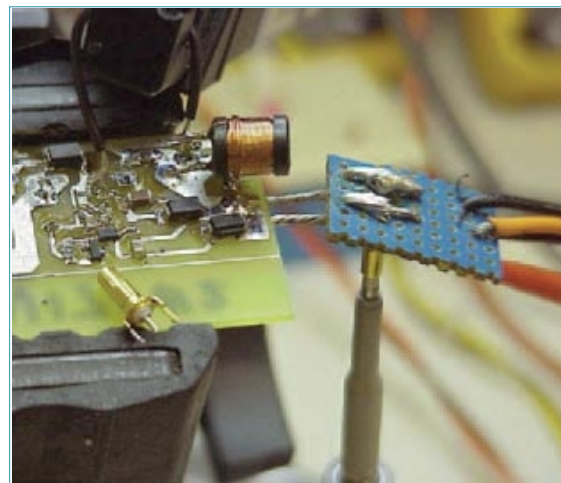


Рисунок 2. **Если провода, идущие от измеряемого источника питания, припаять к промежуточной плате, длина общего вывода станет меньше.**

мости от положения щупа. Используя щуп осциллографа с его общим выводом и пару разъемов (Рисунок 1), можно сделать простую соединительную плату, которая позволит значительно снизить влияние помех на измерения.

Начните с того, что снимите корпус щупа. Расстояние между наконечником и земляным кольцом, как вы увидите, очень небольшое. Вам понадобятся один или два коаксиальных разъема, прямых, или угловых – неважно,

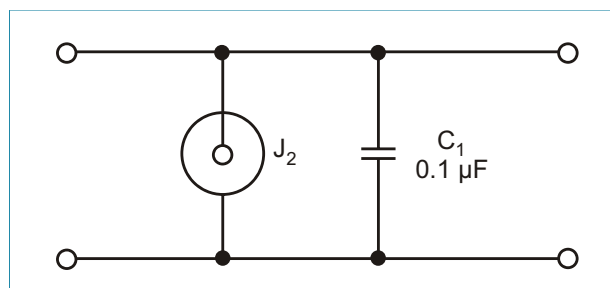


Рисунок 3. Для дополнительного снижения высокочастотных шумов добавлен керамический конденсатор.

лишь бы они были похожи на те, которые изображены на Рисунке 1. Разъемы надо найти такие, чтобы, вставив в них наконечник щупа, можно было одновременно обеспечить контакт земляного кольца с земляным контактом разъема. Центральный вывод разъема припаяйте к выходу источника питания, а остальные – к обратному проводу. Параллельно припаяйте (или подключите, используя еще один разъем) керамический конденсатор  $0.1 \mu F$ . Этим вы ограничите полосу пропускания приблизительно до  $5 \text{ МГц}$ , что позволит еще больше ослабить шумы, но никак не мешает наблюдению низкочастотных пульсаций. На Рисунке 2 показана собранная соединительная плата, а на Рисунке 3 – ее схема. Теперь вы можете вставить щуп осциллографа в разъем и приступить к измерению пульсаций.

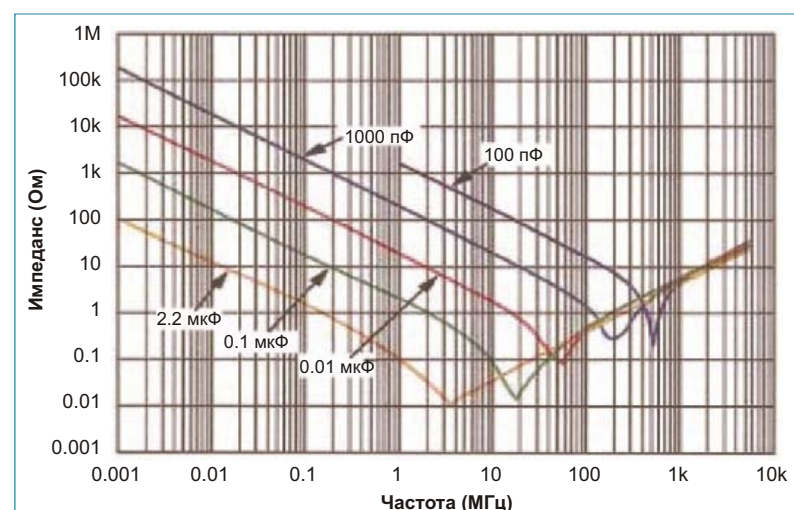


Рисунок 4. Импеданс щупа зависит от емкости конденсатора.

В этой схеме вы должны использовать многослойные керамические конденсаторы, поскольку на высоких частотах они работают лучше. Электролитические, бумажные и пластиковые пленочные конденсаторы, представляющие собой рулон из фольги, изолированной диэлектриком, имеют очень большую индуктивность, что и проявляется на частотах от нескольких мегагерц. Частотные зависимости импеданса многослойных керамических конденсаторов для различных значений емкости приведены на Рисунке 4.

# Управление варикапом с помощью ЦАП

Jefferay Lawton, Microchip Technology

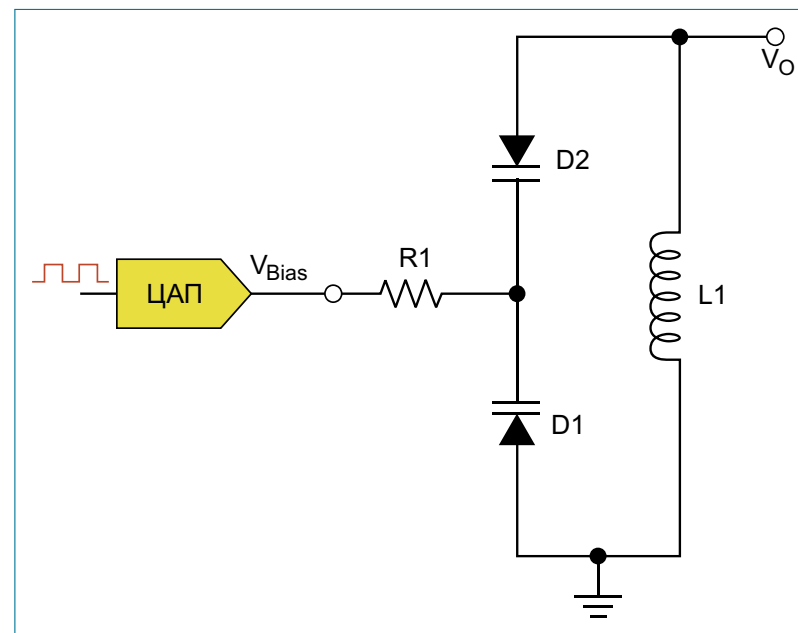
Electronic Design Europe

Варикапы нашли широкое применение, прежде всего, в радиочастотных цепях, в качестве емкости, управляемой внешним напряжением. Эта разновидность диодов часто применяется для перестройки различных схем, таких как ВЧ генераторы или фильтры, используемые, например, в беспроводных микрофонах или простых системах двухсторонней радиосвязи. Разработчикам, вероятно, будет полезно узнать о преимуществах управления варикапами с помощью ЦАП, имеющих встроенную энергонезависимую память.

Варикап – это диод, работающий при обратном смещении, создающем обедненную область возле р-п перехода. Изменяя величину обратного смещения, можно управлять шириной обедненной области и, соответственно, эффективной емкостью диода. При увеличении обратного напряжения емкость уменьшается.

В технических характеристиках варикапов указываются номинальная емкость и диапазон емкостей, которые можно получить при максимальном и минимальном управляющем напряжении. Расширение диапазона управляющих напряжений расширяет диапазон доступных емкостей, но разработчиков может интересовать еще и такой параметр, как крутизна зависимости емкости от напряжения.

Традиционно, для управления варикапами используют ЦАП. Большинство ЦАП имеют диапазон выходных напряжений от 0 до 5.5 В. Если такого управляющего напряжения недостаточно, можно воспользоваться высоковольтным ЦАП. Однако, скорее всего, экономически эффективнее будет сдвиг уровня обычного недорогого ЦАП с помощью высоковольтного ОУ в неинвертирующем включении.



**Заграждающий LC-фильтр в управляемом напряжением генераторе не препятствует ЧМ модуляции в беспроводных микрофонах и радиовещательных устройствах. Встречное включение варикапов минимизирует влияние модуляции ВЧ.**

ЦАП может оказаться потенциальным источником ошибок. На варикап влияют любые вариации управляющего напряжения, приводя к нежелательному изменению емкости. Если для управления ЦАП используется микроконтроллер, детерминированные ошибки могут быть учтены и скомпенсированы программно. Основные источники ошибок, которые необходимо принимать во внимание – это нелинейность варикапа, ошибки смещения и интегральная нелинейность ЦАП. Причиной нежелательной ВЧ модуляции могут быть, также, источники помех, в частности, антенна системы. На схеме показан совмещенный с генератором LC-фильтр. Осуществлению ЧМ модуляции в вышеупомянутых радиоустройствах этот фильтр не препятствует.

Встречное включение варикапов минимизирует эффект модуляции ВЧ. При изменении управляющего напряжения емкость одного диода увеличивается, а другого уменьшается, в результате чего суммарная емкость остается постоянной. Обратите внимание, что диоды включены последовательно, и, следовательно, их общая емкость равна половине емкости одного диода.

Чтобы дополнительно защитить ВЧ сигналы от влияния внешних цепей, управляющее напряжение надо подавать через изолирующий резистор, или через высокочастотный дроссель.

Обратим внимание и на другие преимущества использования ЦАП для управления варикапом. В многокаскадных приложениях могут применяться многоканальные ЦАП. Например, взяв четырехканальный ЦАП, три канала можно использовать в отдельных низко-, средне- и высокочастотных полосовых фильтрах, а четвертый подключить к цепи калибровки управляющего напряжения, или отключить, если в нем нет необходимости. Исключение отдельных схем формирования управляющего напряжения поможет уменьшить время разработки и площадь печатной платы.

В некоторых ЦАП, таких например, как MCP4728, имеется встроенная энергонезависимая память, в которой можно хранить конфигурационную информацию, скажем, уровни выходных напряжений и статус канала (включено/выключено). Это позволяет сделать так, чтобы после сброса или включения питания устройство всегда оказывалось в определенном состоянии. Таким образом, по желанию, или автоматически после восстановления питания, всегда могут быть восстановлены первоначальные настройки.

Заграждающий LC-фильтр в управляемом напряжением генераторе не препятствует ЧМ модуляции в беспроводных микрофонах и радиовещательных устройствах. Встречное включение варикапов минимизирует влияние модуляции ВЧ.

# Секундомер с высоким разрешением, ценою в несколько центов

Z. Gingl, K. Korasz, Венгрия

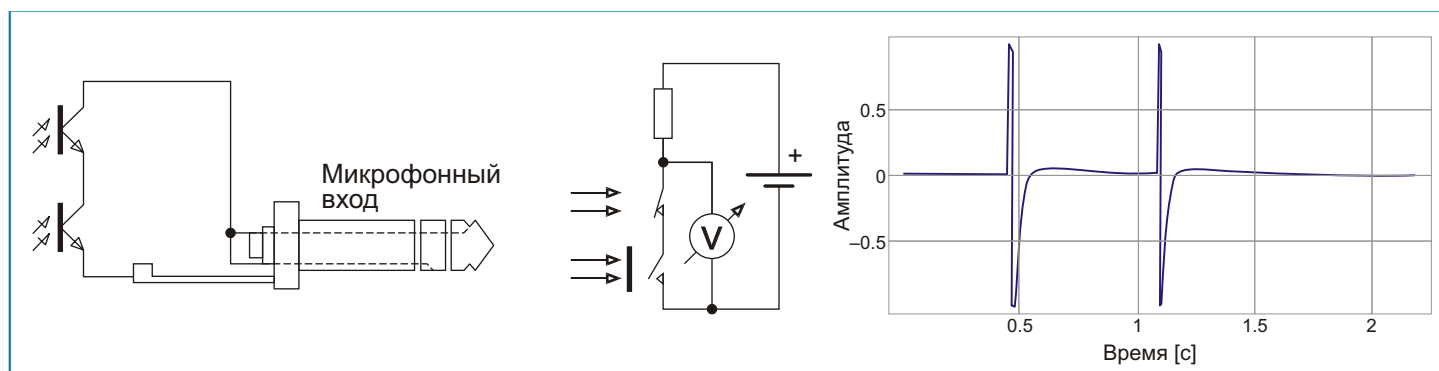
*Предлагаемая простая и дешевая схема секундомера может быть полезна при постановке различных экспериментов в области механики. Секундомер с высоким разрешением основан на двух фотодетекторах, подключенных непосредственно к микрофонному входу звуковой карты компьютера. Разработано специальное ПО, бесплатное, и доступное для загрузки. Эффективность продемонстрирована в эксперименте со свободным падением предмета.*

Недавно было опубликовано описание простого секундомера, предназначенного для использования в качестве дешевого средства постановки экспериментов в области механики [1]. Клавиши USB мыши там были заменены фоторезисторами, что позволяло имитировать нажатие клавиш прерыванием светового потока, падающего на фотоэлементы. С помощью простой программы измерялся промежуток времени между этими событиями.

В настоящей статье предлагается альтернативное решение, очень простое, легкое в реализации и более точное. Принцип работы схемы несложен: фототранзисторы подключаются непосредственно к микрофонному входу компьютера, без каких-либо дополнительных компонентов, так необходимое питание они получают с разъема микрофона [2]. При таком включении фототранзистор работает подобно управляемому светом выключателю, что во многих отношениях похоже на работу схемы, основанной на компьютерной мыши. Главное отличие заключается в том, что микрофонный вход предназначен для ввода аналоговых сигналов. Следовательно, он намного

чувствительнее, а частота выборки сигнала намного выше. Типичное значение – 44100 выборок в секунду. Это означает, что для работы «фотошатора» можно использовать более слабый источник света, а разрешение по времени будет намного лучше – менее 0.1 мс. При этом не требуются лазерные указки, что повышает комфорт и безопасность при проведении эксперимента, снимает заботу о быстро разряжающихся батареях и не требует высокой точности при монтаже. Вместо них можно использовать фонари или лампы с питанием от источника постоянного тока (светодиодные лампы, USB лампы). Вполне подходят и лампы с питанием от сети переменного тока, но в некоторых случаях наличие пульсаций светового потока с удвоенной частотой сети может быть нежелательным. Проверить форму сигнала несложно с помощью бесплатной программы для аудио записи, подобной популярной Audacity [3].

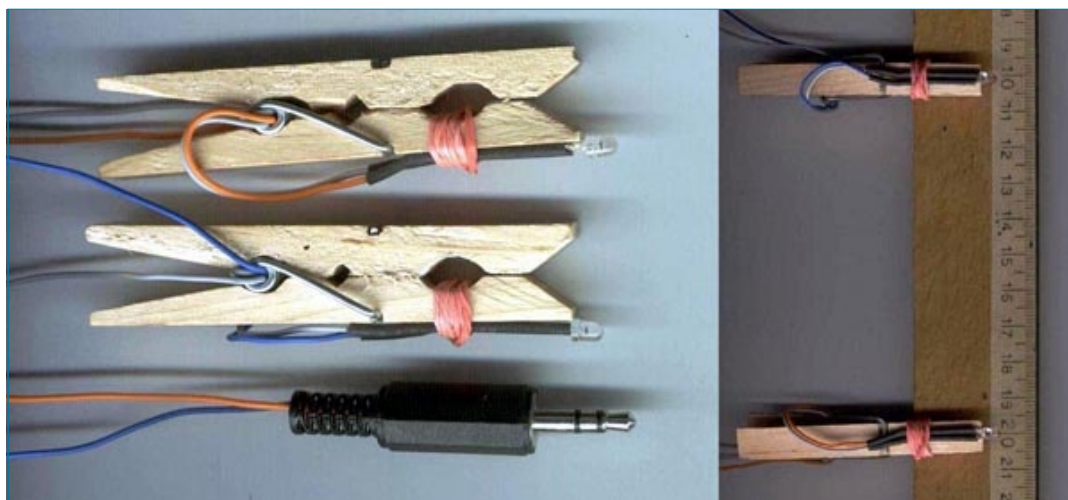
Как же подключить два фототранзистора к монофоническому, в типичном случае, входу микрофона, чтобы запускать и останавливать таймер? Исключительно просто: надо соеди-



**Рисунок 1.** Микрофонный вход компьютера может отслеживать состояние двух включенных последовательно фототранзисторов. В середине показана упрощенная эквивалентная схема. Если световой поток, падающий на любой из фототранзисторов, прерывается, положение импульса будет измерено. Справа показаны импульсы, обусловленные двумя последовательными прерываниями светового потока.

нить два фототранзистора последовательно, так, как показано на Рисунке 1.

Если закрыть от света любой из фототранзисторов, на микрофонном входе возникнет импульс напряжения, который легко может быть обнаружен программно [4]. Для простоты фототранзисторы можно закрепить с помощью бельевых прищепок, а для измерения расстояний между фототранзисторами использовать обычную линейку (Рисунок 2).



**Рисунок 2.** Два включенных последовательно фототранзистора ТЕРТ4400 припаиваются к штекеру Jack 3.5 мм. Бельевые прищепки помогут зафиксировать дистанцию между детекторами просто и быстро.

Соответствующее ПО доступно для свободного скачивания [4]. Оно позволяет, в частности, сохранять историю измерений и копировать данные в буфер обмена для дальнейшей обработки в любой электронной таблице.

Характеристики секундомера проверялись в эксперименте со свободным падением предмета. Оба фототранзистора освещались одной лампой с расстояния 0.5 м. Таймер запускался и останавливался на отметках 0.1 м и 0.2 м, соответственно, относительно начальной позиции. Учитывался тот факт, что световые лучи от лампы падают на фототранзисторы под разными углами. Постановка эксперимента иллюстрирована фотографиями на Рисунке 3, а схема эксперимента и полученные в результате данные – на Рисунке 4.

Поскольку для схемы требуется только штекер Jack ценою 65 центов, два фототранзистора ТЕРТ4400 по 72 цента каждый и

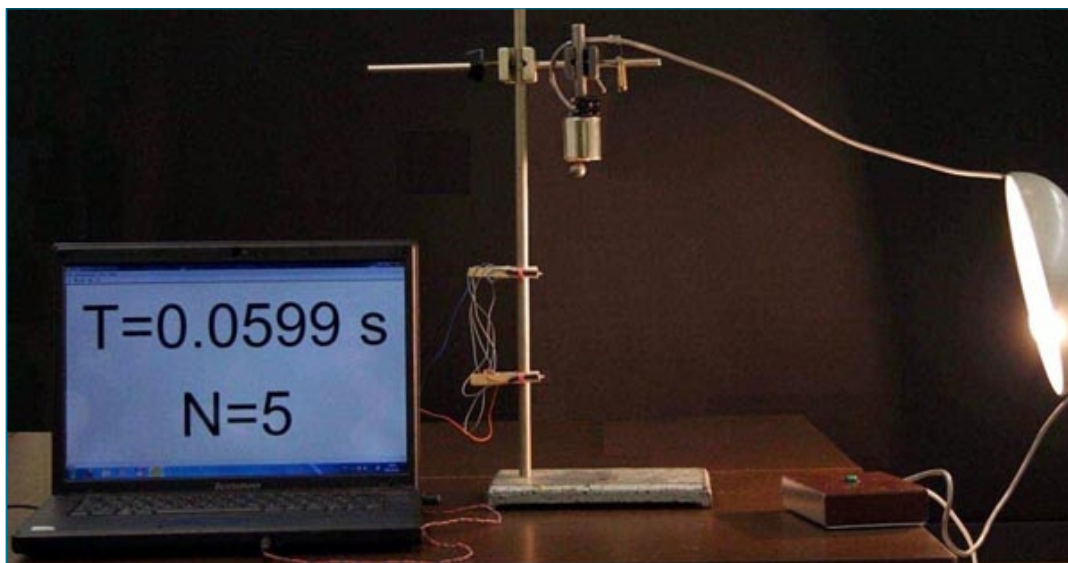


Рисунок 3. Постановка эксперимента со свободным падением предмета. Электромагнит используется для того, чтобы отпустить стальной шарик в свободное падение мимо фототранзисторов. Программа отображает измеренное время и количество зарегистрированных событий. Результаты всех измерений сохраняются, и двумя-тремя кликами могут быть перенесены в электронную таблицу.

немного проводов, общая цена получается очень незначительной. Можно взять инфракрасные фототранзисторы, которые еще дешевле (OFT-5301 можно купить за 10 центов [5]), но тогда придется использовать источник освещения, в спектре которого содержится достаточно интенсивная ИК составляющая. Заметим, что даже клавиши мыши (вместо которых в [1] устанавливались фоторезисторы, функция которых заключалась в пуске и останове измерений) могут быть заменены фототранзисторами, при условии соблюдения правильной полярности включения. Фототранзисторы намного предпочтительнее фоторезисторов, так как они быстрее, чувствительнее и имеют лучшее пространственное разрешение.

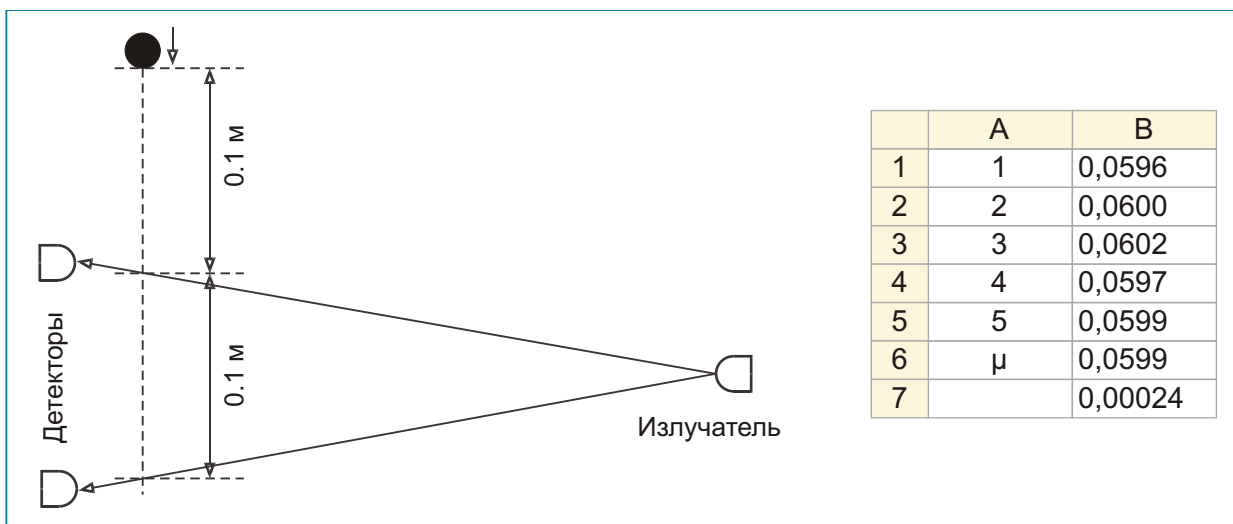


Рисунок 4. Эксперимент со свободным падением предмета демонстрирует высокое разрешение и точность секундомера. Фрагмент электронной таблицы Excel показывает результаты пяти измерений, среднее значение ( $\mu=0.0599$  с) и среднеквадратичное отклонение ( $\sigma=0.00024$  с).

## Ссылки

1. Ganci A and Ganci S 2009 Stopwatch provides low-cost training Phys. Educ. **44** 119-20
2. Gingl Z 2011 Sub-\$10 photogate variants Phys Teach. submitted, Arxiv preprint arXiv:1101.0608
3. <http://sourceforge.net/projects/audacity/>
4. <http://www.noise.physx.u-szeged.hu/edudev/stopwatch>
5. <http://www.farnell.com>, order codes: 1280662 (jack plug), 1497675 (phototransistor TEPT4400), 1716711 (phototransistor OFT-5301)

## Загрузки

|                            |                                                                                     |
|----------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| Исходный код на Visual C++ |  |
| Программа для Windows      |  |

---

# Простой способ подключения датчиков к микроконтроллеру

Shyam Sunder Tiwari

Electronic Design Europe

В общем случае, прямое подключение выходов промышленных датчиков или программируемых логических контроллеров (ПЛК) к входу микроконтроллера небезопасно или недопустимо, и требует согласования с входами, совместимыми с КМОП или ТТЛ логикой, что делает использование таких датчиков затруднительным. Изображенная на Рисунке 1 схема позволяет легко решить проблему интерфейса для случая, когда в выходном каскаде датчика используется NPN транзистор, который допускает подключение через подтягивающий резистор к источнику питания датчика 10...30 В (типичное значение 24 В). Выходной каскад ретранслятора по уровням сигнала полностью совместим с входами ТТЛ/КМОП логики, и обеспечивает вытекающий ток 500 мкА, а втекающий – свыше 100 мА.

Резистор, подтягивающий выход NPN транзистора, раз-

бит на две части. Верхняя (R1) – мощная, в ней используется резистор 1 кОм/1 Вт. Нижняя часть (R2) образована маломощным резистором 1/4 Вт/10 кОм, который подключается к коллектору выходного NPN транзистора датчика.

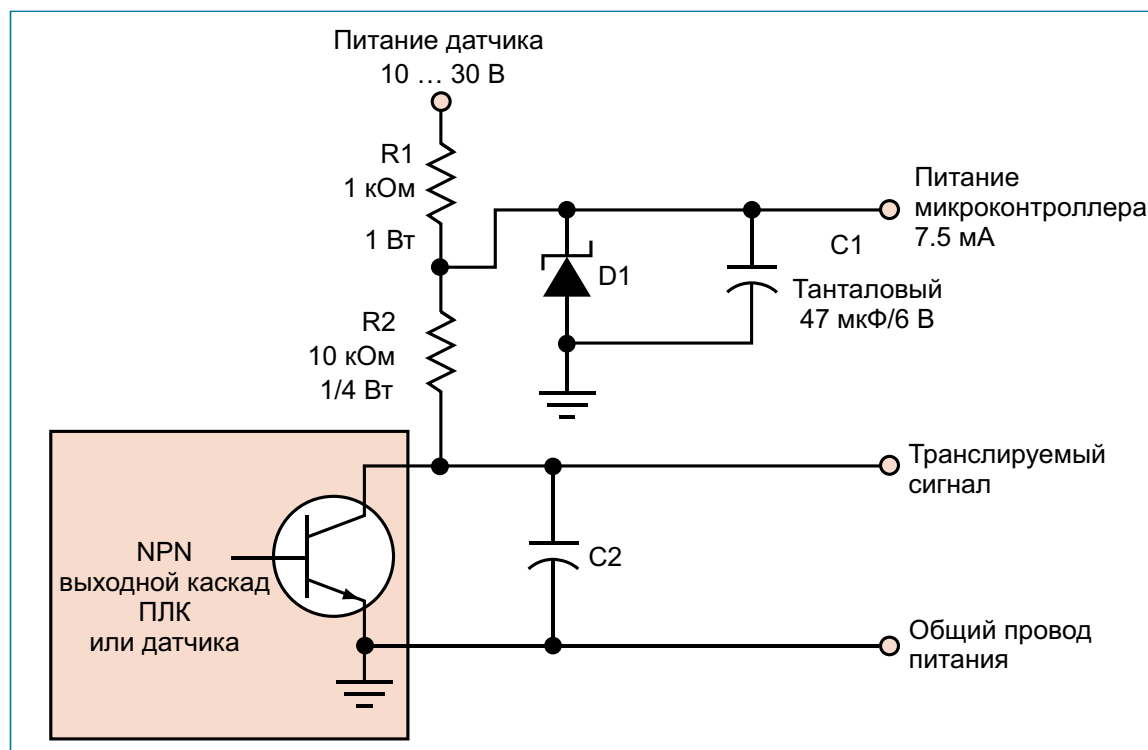


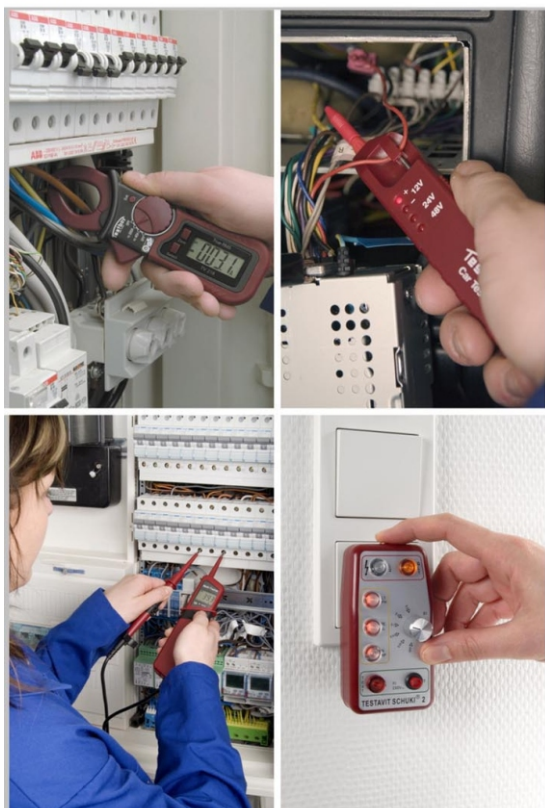
Рисунок 1. Всего несколько компонентов потребуется для того, чтобы подключить выход промышленного датчика к входу микроконтроллера, и дополнительно получить источник стабилизированного напряжения с выходным током до 7.5 мА.

Стабилитрон D1, с напряжением стабилизации 5.1 или 3.3 В, в зависимости от требуемых логических уровней, и конденсатор C1 завершают конструкцию. Конденсатор C2 устанавливать в схему необязательно, его единственное назначение – подавление высокочастотных помех при использовании датчиков с низкочастотными выходными сигналами.

Стабилитрон выполняет в схеме две функции. Основная – фиксация выходного напряжения датчика на постоянном и безопасном для подключения к микроконтроллеру уровне. Вторую функцию стабилитрон выполняет совместно с конденсатором C1, образуя источник стабилизированного напряжения, который можно использовать для питания

микроконтроллера. Выходной ток источника не должен превышать 7.5 мА, но этого вполне достаточно для питания маломощного микроконтроллера и ЖК индикатора.

Если для фильтрации помех используется конденсатор C2, его емкость должна быть такой, чтобы постоянная времени  $R2 \cdot C2$  соответствовала одной трети наибольшей рабочей частоты. Датчики с максимальной частотой выходного сигнала 10 кГц и более в конденсаторе C2 не нуждаются, так как его функции с успехом выполняет емкость кабеля. Подключать датчики лучше всего с помощью качественной витой пары или коаксиального кабеля.



**ПРОФЕССИОНАЛЬНОЕ  
КОНТРОЛЬНО-ИЗМЕРИТЕЛЬНОЕ  
ОБОРУДОВАНИЕ**

**ДИСТРИБЬЮТОР В РОССИИ**  
**[www.decima.ru](http://www.decima.ru)**



**ПРОФЕССИОНАЛЬНЫЙ  
РУЧНОЙ ИНСТРУМЕНТ  
ДЛЯ РАЗДЕЛКИ КАБЕЛЯ  
И СНЯТИЯ ИЗОЛЯЦИИ**

**ДИСТРИБЬЮТОР В РОССИИ**  
**[www.decima.ru](http://www.decima.ru)**



*Сделано в Германии*

**КЛЕММЫ, РАЗЪЕМЫ  
МОДУЛИ ВВОДА-ВЫВОДА,  
АКСЕССУАРЫ**

**ДИСТРИБЬЮТОР В РОССИИ**  
**[www.decima.ru](http://www.decima.ru)**

## ДЛЯ ЗАМЕТОК

1. [www.decima.ru](http://www.decima.ru) - Системы видеонаблюдения, клеммы WAGO, измерительное оборудование Testboy, ручной инструмент Jokari.

2. [www.datasheet.ru](http://www.datasheet.ru) - Поиск даташитов от Google (только сайты производителей!)

3. [www.rlostan.ru/comp/shop.html](http://www.rlostan.ru/comp/shop.html) - Цены: от транзистора до осциллографа, прайс-листы лучших дистрибьюторов.

4. [www.rlostan.ru/pr/](http://www.rlostan.ru/pr/) - Описания и сравнение параметров большой базы измерительного оборудования.

**ДЛЯ ЗАМЕТОК**

## Журнал РАДИОЛОЦМАН

### Главный редактор:

А. Николаев

### Над номером работали:

В. Колесник  
С. Муратчаев  
А. Николаев  
М. Русских

### Обложка:

А. Кравчук

### Директор:

С. Муратчаев

По вопросам размещения рекламы,  
публикации авторских материалов,  
с замечаниями и пожеланиями

rlocman@rlocman.ru

+7 (495) 721-72-14

www.rlocman.ru

ноябрь 2011

## ОГЛАВЛЕНИЕ

### НОВОСТИ

|                                                                                                              |    |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Использование коммерческих фотонных компонентов – шаг к созданию квантовых компьютеров                       | 5  |
| Китай объявил о создании суперкомпьютера на основе микропроцессоров собственной разработки                   | 6  |
| Новые акселерометры Freescale повышают безопасность транспортных средств                                     | 6  |
| Pico Technology представила USB осциллограф со скоростью выборки реального времени 1 Гвыб./с                 | 8  |
| Quickfilter анонсировала недорогой трехканальный аудио процессор                                             | 9  |
| Новый понижающий преобразователь фирмы Intersil обеспечивает выходной ток 10 А при исключительно высоком КПД | 11 |

### СТАТЬИ

|                                                                                                    |    |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Как создавали и продвигали Arduino                                                                 | 13 |
| PocketBook Pro 912 Education: мощный ридер с сенсорным экраном и Wi-Fi                             | 20 |
| Современные микросхемы для построения импульсных источников питания с экономичным дежурным режимом | 22 |
| Максимальный ток потребления операционных усилителей: технические спецификации обманывают?         | 32 |
| Правильно ли мы понимаем характеристики мощных светодиодов?                                        | 39 |
| Способы управления яркостью свечения светодиодов с помощью импульсных драйверов                    | 43 |

### СХЕМЫ

|                                                                           |    |
|---------------------------------------------------------------------------|----|
| Интеллектуальный многоканальный контроллер вентиляторов охлаждения для ПК | 49 |
| Минимизация шумов при измерении параметров источников питания             | 57 |
| Управление варикапом с помощью ЦАП                                        | 59 |
| Секундомер с высоким разрешением, ценою в несколько центов                | 61 |
| Простой способ подключения датчиков к микроконтроллеру                    | 65 |